

Tieliikenteen toimivuuden arviointi



Tieliikenteen toimivuuden arviointi

Liikenneviraston ohjeita 36/2013

Kannen kuva: Ramboll Finland Oy

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-255-366-9

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Suunnittelun ohjaus

Vastaanottaja
Liikennevirasto, ELY-keskukset / liikenne ja infrastruktuuri

Säädösperusta
Laki Liikennevirastosta 2.1 §

Korvaa/muuttaa
-

Voimassa
4.11.2013 - toistaiseksi

Kohdistuvuus
Liikennevirasto, ELY-keskusten L-vastuualueet

Asiasanat
Tieliikenne, välityskyky, simulointi

Tieliikenteen toimivuuden arviointi

Maanteiden liittymien ja linjaosuuksien välityskykyä koskevat toimivuustarkastelut tehdään tämän ohjeen mukaisesti. Ohjetta voidaan käyttää laatuvaatimuksena toimeksiannoissa, joita tieviranomaisen tai maantien läheisen alueen maankäytön kehittäjä teettää. Ohje koskee lähtötietojen hankintaa, tarkasteltavan alueen rajausta, laskentaohjelman tai menetelmän valintaa, tarkastelun suorittamista ja tulosten raportointia sekä toimeksiantojen tilauskäytäntöjä ja aineistojen arkistointia.

Ylijohtaja



Raimo Tapio

Johtaja



Markku Nummelin

TIEDOKSI

Ohjeluettelo

LISÄTIETOJA
Jorma Saarelainen
Liikennevirasto
puh. 0295 34 3604

Esipuhe

Syksyllä 2012 valmistui Liikenneviraston tilaama esiselvitys Liikenteen välityskykytarkastelukäytännöt (Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 37/2012). Työn keskeisenä tavoitteena oli kartoittaa Liikenneviraston ja ELY-keskusten nykyistä roolia ja toimintatapoja tiesuunnitelmien liikenteen välityskykytarkasteluissa. Lisäksi työssä kartoitettiin välityskykytarkasteluissa käytettyjä ohjelmistoja. Osa esiselvityksen johtopäätöksistä ja jatkotoimista on otettu huomioon tässä ohjeessa.

Tällä ohjeella annetaan yhtenäinen menettely tieliikenteen toimivuustarkasteluihin, kun suunnitellaan maankäyttöä maantien läheisyyteen tai halutaan selvittää tieliikenteen palvelutasoa. Ohje on tarkoitettu maantieverkon ja sen liittymien suunnittelun apuvälineeksi.

Liikenteen välityskykytarkasteluista ei ole aikaisemmin ollut olemassa vastaavaa ohjetta.

Työtä ovat ohjanneet Kari Lehtonen ja Jorma Saarelainen Liikennevirastosta.

Tämän ohjeen ovat laatineet Maija Musto, Sami Iikkanen ja Markus Helelä Ramboll Finland Oy:stä. Ohjetyötä ovat kommentoineet Jukka-Pekka Pitkänen ja Ari Sirkiä Ramboll Finland Oy:stä sekä Iisakki Kosonen ja Tapio Luttinen Aalto-yliopistosta.

Helsingissä marraskuussa 2013

Liikennevirasto
Suunnitteluosasto/Suunnittelun ohjaus -yksikkö

Sisällysluettelo

MÄÄRITELMIÄ.....	6
1 JOHDANTO	8
2 TARKASTELUTARVE JA TARKASTELUKOHTEN RAJAUS	9
2.1 Tarkastelutarve ja tarkastelukysymykset	9
2.2 Tarkastettavan alueen rajausta	9
3 TARKASTELUMENETELMÄT JA MENETELMÄN VALINTA	11
3.1 Analyttiset menetelmät ja ohjelmat.....	11
3.2 Simulointiohjelmat	12
3.3 Tarkastelumenetelmän valinta	13
3.3.1 Perustapausten tarkastelu.....	13
3.3.2 Erityiskohteiden tarkastelu	14
3.3.3 Yhteenveto menetelmän valinnasta	15
4 LÄHTÖTIEDOT	17
4.1 Lähtötietojen hankinta	17
4.1.1 Lähtökohdat	17
4.1.2 Kohteen ominaisuustiedot	17
4.1.3 Nykytilanteen liikennetiedot.....	17
4.1.4 Liikenne-ennusteet	18
4.1.5 Epävarmuustekijät	18
4.2 Tarkasteluajankohdan valinta.....	19
5 TOIMIVUUSTARKASTELUN SUORITTAMINEN	20
5.1 Kalibrointi ja validointi.....	20
5.2 Kohdemallin rakentaminen	21
5.3 Tarkastelujen suorittaminen	22
5.3.1 Satunnaisuuden tuottaminen	22
5.3.2 Simuloinnin kesto ja tulosten kerääminen.....	22
5.3.3 Herkkyystarkastelut	23
5.4 Tulokset.....	23
5.5 Raportointi.....	25
6 TILAUSMENETTELYT JA ARKISTOINTI	26
6.1 Tarjouspyyntö- ja tilausmenettelyt.....	26
6.2 Arkistointi	27
LIITTEET	
Liite 1 KSuhde	
Liite 2 Paramics	
Liite 3 Synchro/SimTraffic	
Liite 4 Vissim	

Määritelmiä

Aamuhuipputunti (AHT) tarkoittaa suurinta yhden aamutunnin aikana esiintynyttä liikennemäärää. Yleensä aamuhuipputunti osuu aikavälille 06:00–09:00.

Analyttisillä menetelmillä tarkoitetaan liikenteen toimivuuden arvioimiseen ja välityskyvyn laskemiseen käytettäviä laskentamalleja, yhtälöitä, kaavioita ja taulukoita. Analyttisistä menetelmistä on kehitetty myös tietokoneohjelmia.

Iltahuipputunti (IHT) tarkoittaa suurinta yhden alkuillan tunnin aikana esiintynyttä liikennemäärää. Yleensä iltahuipputunti osuu aikavälille 15:00–18:00, mutta erityisesti kaupallisten kohteiden läheisyydessä ajankohta voi olla myös myöhemmin.

Huipputunti (HT) tarkoittaa sitä tunnin ajanjaksoa, jolloin liikennemäärä on tarkastelukohteessa korkeimmillaan. Huipputunti on yleensä joko aamuhuipputunti tai iltahuipputunti, mutta esimerkiksi kaupallisten kohteiden läheisyydessä vilkkain tunti voi sijoittua myös viikonlopulle. Huipputunti voidaan määrittää esimerkiksi liikenteen käsinlaskentojen tai liikenteen automaattisten mittauspisteiden (LAM) avulla, liikennevalojen ilmaisintiedoista tai muiden laskentatietojen avulla. Toimivuustarkastelut tehdään yleensä mitoittavan huipputunnin tai huipputuntien liikennemäärillä.

Kalibrointi tarkoittaa simulointimallin parametrien sovittamista niin, että simulointitulokset vastaavat mitattuja liikennehavaintoja.

Kesän keskimääräinen vuorokausiliikenne (KKVL) tarkoittaa kesä-, heinä- ja elokuun aikana mitattujen liikennemäärien summaa jaettuna ajanjakson päivien lukumäärällä.

Kohdemallilla tarkoitetaan tässä työssä simulointiohjelmalla laadittua mallia, joka kuvaa jotain tiettyä kohdetta, esimerkiksi yhtä maantieliittymää tai usean liittymän muodostamaa kokonaisuutta. Kohdemalliin on määritetty tarkastelukohteen liikenneinfrastruktuuri sekä mitattu tai ennustettu liikennemäärä.

Kuormitusaste osoittaa, kuinka suuri osuus liittymän maksimivälityskyvystä on käytössä.

Käytösuhde on tunnusluku, joka mittaa liikennevaloliittymän liikenteellistä kokonaistoimivuutta. Käytösuhde kuvaa, kuinka suuri osuus liikennevaloliittymän vihreistä vaiheista on käytössä maksimiaikaan verrattuna. Jos käytösuhde on 1, minkään suunnan vihreän vaiheen pituutta ei voida enää kasvattaa. Tällöin liittymän liikenteenvälityskyky on kokonaan käytössä eikä liittymän läpi saada enää lisää liikennettä, ellei liittymässä toteuteta parannustoimenpiteitä, esimerkiksi rakenneta lisää kaistoja.

Liikenne-ennuste tarkoittaa tietylle alueelle muodostettua arviota liikennemäärien kehittymisestä. Liikenne-ennuste laaditaan yleensä mm. nykyisten liikennemäärätietojen, liikenteen kasvukerrointen, tulevaisuuden maankäyttötietojen yms. perusteella huomioiden myös alueelle suunnitellut liikenneverkon kehittämishankkeet.

Liikenteen automaattinen mittausjärjestelmä (LAM) on Liikenneviraston ylläpitämä järjestelmä, joka kerää pääväylille sijoitetuista kiinteistä mittauspisteistä liikennemäärätietoja jatkuvasti. Mittauslaite tallentaa jokaisen ohittavan ajoneuvon pituuden, ajoneuvoluokan, ohitusajan, nopeuden, ajosuunnan ja kaistan.

Parametri on simulointimallin tai analyttisen laskentamallin muuttuja, jonka arvo säädetään kalibroinnin avulla sellaiseksi, että mallin antamat tulokset vastaavat todellisuudessa mitattuja tuloksia.

Satunnaislukugeneraattori on laskenta-algoritmi, joka kehittää tietyn jakauman mukaisia satunnaislukuja jonkin menetelmän mukaan. Satunnaislukujen avulla tuotetaan tarkasteltavaa ilmiötä kuvaavan jakauman arvoja. Liikennetekniikassa yleisesti esiintyviä jakaumia ovat (siirretty) negatiivinen eksponentiaalinen jakauma sekä normaalijakauma. Esimerkiksi ajoneuvojen väliset aikavälit noudattavat siirrettyä negatiivista eksponentiaalijakaumaa ja arkivuorokausiliikennemäärä noudattaa normaalijakaumaa.

Siemenluku (Seed Value) liittyy simulointimallin satunnaisuuden tuottamiseen, eli esimerkiksi siihen, missä syklissä ohjelma syöttää ajoneuvoja tarkasteltavalle verkolle annetun kysynnän puitteissa. Siemenluku määrää tuotettavien satunnaislukujen sarjat. Sama siemenluku tuottaa täsmälleen saman joukon satunnaislukuja samalla generaattorilla tuotettuna, eli samalla siemenluvulla saadaan samat tulokset. Useimmissa käytettävissä olevissa simulointiohjelmissa käyttäjä määrittää siemenluvun, jolloin samat ilmiöt toistuvat joka simulointiajossa täsmälleen samanlaisina, mikäli kohdemalliin ei tehdä muutoksia.

Simulointi tarkoittaa todellisuuden jäljittelyä todellisuutta kuvaavan mallin avulla. Liikennetekniikassa simulointi tarkoittaa liikenneinfrastruktuurin ja siinä kulkevan liikenteen kuvaamista liikenneympäristöä jäljittelevän tietokonemallin avulla. Liikennettä voidaan simuloida makro-, meso- ja mikrotasolla. Makrotasolla tarkastellaan liikennevirtoja kokonaisuuksina, kun taas mikrotasolla keskitytään yksittäisiin ajoneuvoihin. Mesotaso on näiden välimuoto, joka keskittyy ajoneuvoryhmiin.

Vuoden keskimääräinen arkivuorokausiliikenne (KAVL) tarkoittaa vuoden arkipäivien liikennemäärien summaa jaettuna vuoden arkipäivien lukumäärällä.

Vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) tarkoittaa vuoden kaikkien päivien liikennemäärien summaa jaettuna vuoden päivien lukumäärällä.

Välityskyky tarkoittaa suurinta liikenneyksiköiden määrää, jonka väylä tai sen osa voi välittää vallitsevissa tie-, liikenne-, sää- ja keliolosuhteissa aikayksikössä.

1 Johdanto

Liikennemäärien jatkuva kasvu ja maankäytön kehittyminen synnyttävät tarpeita selvittää liikenneväylien ja -ratkaisujen välityskykyä ja varmistaa liikenteen toimivuus liikenneverkolla sekä nykytilanteessa että tulevaisuudessa. Liikenteen toimivuutta ja liikenneväylien välityskykyä voidaan arvioida erilaisilla analyyttisillä menetelmillä ja niiden perusteella kehitetyillä laskentaohjelmilla sekä liikenteen simuloinnin avulla.

Analyyttisillä menetelmillä tarkoitetaan tässä yhteydessä liikenteen toimivuuden arvioimiseen ja välityskyvyn laskemiseen käytettäviä laskentamalleja, yhtälöitä, kaavioita ja taulukoita. Analyyttiset menetelmät perustuvat liikennevirtateoriaan ja empirisiin havaintoaineistoihin, ja ne käsittelevät liikennettä tilastollisena ilmiönä. Analyyttiset menetelmät tuottavat kaista- tai kaistaryhmäkohtaisia liittymän tai tiejakson toimivuutta kuvaavia tunnuslukuja, kuten esimerkiksi jononpituudet, viivytykset tai palvelutasoluokat.

Liikenteen simulointi tarkoittaa liikenneinfrastruktuurin ja siinä kulkevan liikenteen kuvaamista liikenneympäristöä jäljittelevän tietokonemallin avulla. Liikenteen toimivuutta kuvaavien tunnuslukujen lisäksi liikenteen toimivuutta voidaan arvioida usein simulointimallin tuottaman animaation avulla.

Tämän ohjeen tavoitteena on yhdenmukaistaa tiesuunnittelun yhteydessä tehtävien toimivuustarkastelujen tekemistä, sisältöä ja raportointikäytäntöjä. Ohjeessa tarkastellaan toimivuustarkasteluissa käytettäviä ohjelmia ja menetelmiä, tarvittavia lähtötietoja, toimivuustarkastelun suorittamista sekä toimivuustarkasteluilta edellytettäviä tuloksia.

Toimivuustarkasteluprojekti voidaan jakaa karkeasti seuraaviin työvaiheisiin:

1. Tarkastelutarpeen tunnistaminen ja tarkastelukysymysten määrittely.
2. Tarkastelukohteen määrittely (kohdealueen raja).
3. Tarkastelumenetelmän valinta.
4. Lähtötietojen hankinta.
5. Tarkasteltavien ajankohtien ja tilanteiden valinta.
6. Ohjelman tai menetelmän kalibrointi ja validointi (mikäli tarpeen).
7. Kohdemallin rakentaminen tai ominaisuustietojen määrittäminen ja kohdekohtaisten parametrien säätäminen.
8. Toimivuustarkastelujen suorittaminen.
9. Tulosten analysointi.
10. Tulosten raportointi.

Työvaiheita on kuvattu tarkemmin ohjeen seuraavissa luvuissa.

2 Tarkastelutarve ja tarkastelukohteen raja

2.1 Tarkastelutarve ja tarkastelukysymykset

Toimivuustarkastelu alkaa tarkastelutarpeen tunnistamisesta. Toimivuustarkasteluja tarvitaan liikenteen toimivuusongelmien ratkaisemiseksi tai ennaltaehkäisemiseksi. Nykytilanteen toimivuusongelmien ratkaisemiseksi tehdään toimivuustarkastelu tyyppillisesti kun havaitaan, että nykyiset liikenneratkaisut eivät kykene välittämään liikennettä kaikissa liikennetilanteissa tai halutaan sujuvoittaa liikenteen toimivuutta kohteessa. Ennaltaehkäisevät tarkastelut puolestaan tehdään suunniteltaessa alueen maankäyttöä tai kehitettäessä liikenneverkkoa. Ennaltaehkäisevillä tarkasteluilla varmistetaan, että maankäytön tai liikenneverkon kehitystoimenpiteet eivät aiheuta liikenteen toimivuusongelmia, tai selvitetään, miten mahdolliset toimivuusongelmat voidaan minimoida.

Ennen tarkastelun aloittamista pitää määrittää, mihin kysymyksiin halutaan saada vastaus tarkastelun avulla. Tarkastelun tavoitteena voi olla selvittää esimerkiksi

- mikä on tarkastelukohteen nykytilanteen tai ennustetilanteen palvelutaso nykyisillä liikenneratkaistuilla
- aiheutuuko tielle tai kadulle viivytyksiä tai jonoja
- miten nykyiset järjestelyt kestävät liikennemäärien kasvun
- mikä on kohteen välityskyky
- mikä liittymätyyppi soveltuu parhaiten kohteeseen (esim. eritasoliittymä, kiertoliittymä tai valo-ohjaus) tai miten laajemman alueen liikennejärjestelyt kannattaa toteuttaa
- millaiset kaistajärjestelyt tarvitaan
- miten liikenteen sujuvuus muuttuu toimenpiteiden myötä
- miten liikennevalojen ajoitukset, vaiheistus ym. pitää suunnitella
- miten liikenne voidaan hoitaa työmaan aikana.

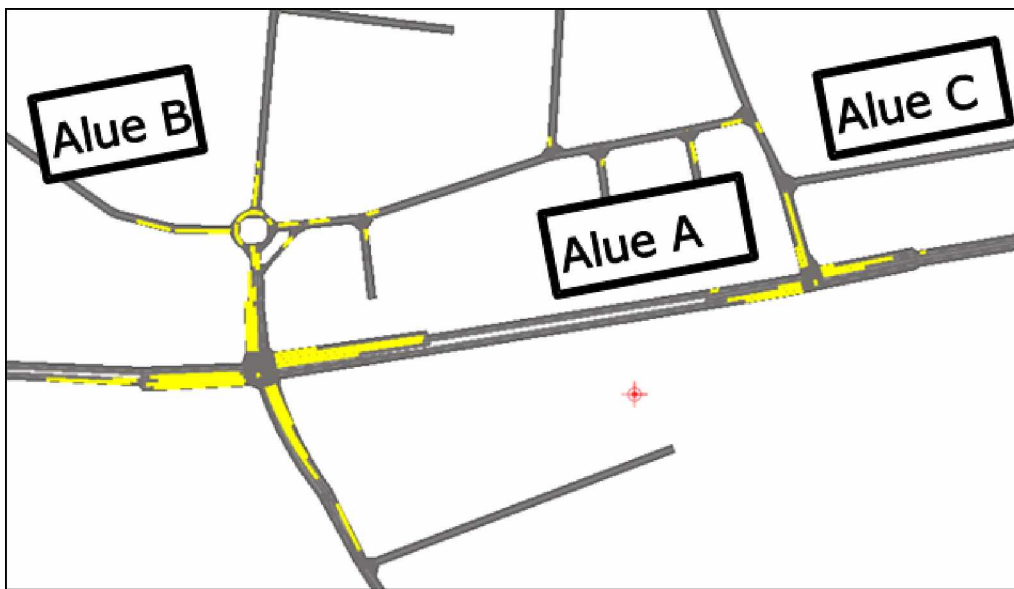
2.2 Tarkasteltavan alueen raja

Tarkastelualueen laajuuden määrittäminen ei ole yksiselitteinen asia ja siihen kannattaa kiinnittää huomiota jo toimivuustarkasteluselvityksen alkuvaiheessa. Tarkastelualueen määrittelyssä on huomioitava kaikki liittymät, rampit ja muut tarkastelukohteen välityskykyyn ja toimivuuteen vaikuttavat tekijät. Alueen laajuuden määrittelyyn vaikuttaa mm. se, mihin ja miten tarkastelukohteen lähellä oleva maankäyttö siioittuu, mistä liikenne kulkee ja mitä tarkastelulla halutaan selvittää.

Yksittäisen liittymän toimivuutta tutkittaessa voi olla tarpeen ottaa huomioon myös muiden tarkastelukohteen välittömässä läheisyydessä sijaitsevien liittymien vaikutus. Esimerkiksi liikennevalot rytmittävät ajoneuvojen liikkumista liikenneverkolla ja aiheuttavat usein sen, että ajoneuvot saapuvat myös seuraavaan liittymään ajoneuvojonoissa. Lähekkäin sijaitsevilla liikennevaloilla seuraavan liittymän jonojen ulottuminen edelliseen liittymään voi heikentää edellisen liittymän kapasiteettia. Yhden ongelma

Esimerkiksi ramppliittymän parantaminen voi aiheuttaa ongelmia moottoritielle, jos rampin kautta pääsee parannustoimenpiteiden jälkeen enemmän liikennettä moottoritielle kuin aiemmin.

Kuvassa 1 on havainnollistettu, miten maankäytön sijoittuminen vaikuttaa tarkastelualueen laajuuteen. Kuvan tilanteessa suunniteltu kaupallinen kohde sijaitsee alueella A. Tarkastelut ovat vaatineet kuvan mukaisen kohdemallin, koska kaupasta lähtevät asiakkaat voivat käyttää kahta vaihtoehtoista reittiä päätielle kulkiessaan. Jos kaupaa suunniteltaisiin alueelle B tai alueelle C, ei välttämättä tarvitsisi huomioida koko kuvan tarkastelualueutta, koska tällöin asiointiliikenne kohdistuisi todennäköisesti vain yhteen päätieliittymään. Liittymien välinen etäisyys on päätiellä niin pitkä, että kuvan kummankaan liittymän maksimijonot eivät ulotu viereiseen liittymään (maksimijonot on esitetty kuvassa keltaisilla palkeilla).



Kuva 1. Esimerkki tarkastelualueen määrittämisestä.

Kauppakeskusten ja muiden merkittävien kaupallisten kohteiden sekä tapahtumakeskusten ja muiden suuria liikennevirtoja synnyttävien kohteiden suunnittelun yhteydessä on usein syytä tarkastella maantieliittymien lisäksi myös alueen sisäisiä liikennejärjestelyjä. Alueen sisäisillä liikennejärjestelyillä on yleensä erittäin paljon merkitystä myös ulkopuolisen liikenneverkon toimivuuteen. Suuria liikennevirtoja synnyttävien kohteiden liikenteellisten ratkaisujen suunnitteluperiaatteet on esitetty Liikenneviraston julkaisussa ”Suuria liikennevirtoja synnyttävien kohteiden liikenneselvitykset ja liikenteelliset ratkaisut” (Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 3/2012).

Tarkasteltavan alueen tulee olla tarkastelukohteeseen ja tarkasteltavaan asiaan nähden sopiva. Liian isoa aluetta ei kannata tutkia. Esimerkiksi toimivuuden varmistamiseksi kapasiteetin osalta riittää pelkkä yksittäisen liittymän tarkastelu, jos tarkastelussa voidaan osoittaa, että jononpituudet eivät ulotu naapuriliittymiin eikä riskinä ole, että naapuriliittymien ajoneuvojonot ulottuisivat kyseiseen tarkastelukohteeseen.

3 Tarkastelumenetelmät ja menetelmän valinta

3.1 Analytyttiset menetelmät ja ohjelmat

Tieliikenteen toimivuuden arvioimiseksi on kehitetty erilaisia analyttisiä menetelmiä ja tietokoneohjelmia. Niitä ovat esim. HCM, HCS, Capcal, DanCap, liikennevalojen suunnitteluohje LIVASU, KSuhde-ohjelma, Bovy-kaava ja Meerstrooksrotondeverkenner-ohjelma.

Highway Capacity Manual (HCM) on yhdysvaltalaisen Highway Research Board komitean ja Bureau of Public Roadsin kehittämä mallikokonaisuus, joka sisältää laskentamallit välityskyky- ja palvelutasolaskelmiin mm. erilaisissa liittymissä, kaksi- ja monikaistaisilla tieosuuksilla, ramppi- ja sekoittumisalueilla sekä näiden yhdistelmissä. Ensimmäinen HCM julkaistiin vuonna 1950, ja sen jälkeen sitä on päivitetty useaan otteeseen. HCM:n pohjalta on laadittu myös laskentamenetelmä **Highway Capacity Software (HCS)**. Eri maat ovat kehittäneet HCM:n pohjalta omia, olosuhteisiin soveltuvia laskentamalleja ja menetelmiä. Esimerkiksi Saksassa on kehitetty 2000-luvulla HCM:n pohjalta saksalainen laskentamenetelmä, joka soveltuu keskieurooppalaisiin liikenneolosuhteisiin.

Capcal on Ruotsin tielaitoksen kehittämä laskentamalli tietokonesovelluksineen. Menetelmä soveltuu etenkin valo-ohjauksisten ja valo-ohjaamattomien liittymien välityskykytarkasteluihin (myös liikennetieto-ohjattujen valojen arviointi). Capcal-ohjelmistosta on Suomessa kehitetty vuosien mittaan omia suomalaisiin oloihin ja havaintoaineistoihin sovitettuja versioita.

DanKap on Tanskan tielaitoksen kehittämä laskentamalli tietokonesovelluksineen. Menetelmä soveltuu valo-ohjauksisten ja valo-ohjaamattomien liittymien välityskykytarkasteluihin sekä sekoittumisalueetarkasteluihin. Ohjelmisto on kehitetty HCM:n pohjalta kalibroimalla sitä tanskalaisiin olosuhteisiin soveltuvaksi. DanKap pystyy käsittelemään myös polkupyörät ja mopot.

Liikennevalojen suunnittelu, LIVASU on Tiehallinnon (nyk. Liikennevirasto) julkaisema ohje liikennevalojen suunnitteluun. LIVASU soveltuu liittymätyypin valintaan valo-ohjaamattoman ja valo-ohjatun liittymän välillä sekä valo-ohjattujen liittymien välityskykytarkasteluihin. Sen avulla voidaan laskea mm. liittymän kuormitusaste ja käyttösuhde. **KSuhde** on ohjelma, joka perustuu LIVASUun. Ohjelmalla lasketaan liittymän käyttösuhde. KSuhde-ohjelmaa on esitelty tarkemmin *liitteessä 1*.

Bovy-kaava on hollantilainen kiertoliittymän välityskyvyn laskentaan kehitetty laskentamenetelmä. Kaavan pohjalta on kehitetty myös ohjelma **Meerstrooksrotondeverkenner**. Ohjelma on tarkoitettu monikaistaisen kiertoliittymien liikenteellisen toimivuuden tarkistamiseen. Ohjelmaa voidaan käyttää myös Suomessa apuvälineenä kiertoliittymien kaistamäärien määrittelyssä, mutta sen laajempi käyttö edellyttäisi Bovy-kaavan kertoimien kalibrointia suomalaisiin olosuhteisiin.

Välityskykytarkasteluissa käytetään apuväleinä myös muita menetelmiä. Esimerkiksi Suomen Rakennusinsinöörien Liiton RIL julkaisussa RIL 165-1 Liikenne ja väylät I sivutaan eri menetelmiä. Tiehallinnon (nyk. Liikennevirasto) ohjeessa Tasoliittymät on esitetty välityskyvyn karkeaan tarkasteluun kehitetyt nomogrammit, joiden avulla voidaan selvittää tavallisimpien tasoliittymien välityskyvyn riittävyys.

3.2 Simulointiohjelmat

Markkinoilla on lukuisia eri tarkoituksiin ja eri tarkkuustason tarkasteluihin räätälöityjä simulointiohjelmiä. Tässä ohjeessa on annettu käyttösuosituksia ja ohjeita kolmeen Suomessa yleisimmin käytössä olevaan mikrosimulointiohjelmaan, jotka ovat Paramics, Synchro/SimTraffic ja VISSIM. Muita Suomessa käytössä olevia simulointiohjelmiä ovat esimerkiksi Teknillisessä korkeakoulussa kehitetty HUTSIM sekä espanjalainen AIMSUN.

Paramics on Edinburghin yliopistossa kehitetty mikrosimulointiohjelma. Paramics soveltuu erityisesti suurten liikenneverkkojen tarkasteluihin. Paramicsilla voidaan mallintaa perinteisen autoliikenteen lisäksi myös joukkoliikennettä sekä soveltuvien osin kevyttä liikennettä. Paramicsissa yksittäinen liittymäalue mallinnetaan hieman epätarkemmin kuin VISSIMissä, mutta tarkemmin kuin Synchro/SimTrafficissa.

Synchro/Simtraffic on kehitetty pääasiallisesti liikennevalo-ohjattujen liittymien tarkasteluihin. Ohjelmalla voidaan optimoida liikennevalojen kiertoaikoja sekä eri vaiheiden pituuksia liikennemäärien perusteella. Ohjelma koostuu kahdesta eri ohjelmasta, Synchrosta ja SimTrafficista. Synchrolla rakennetaan kohdemalli ja tehdään liikennevalosuunnitelmat. SimTraffic tuottaa simulointianimaation. Synchro/SimTraffic on näistä kolmesta simulointiohjelmasta kaikkien epätarkin.

Synchroa voidaan käyttää myös erillään SimTrafficista. Erillään käytettynä Synchro on periaatteessa analyttinen menetelmä. Jos toimivuustarkastelussa käytetään vain Synchroa, tämä on mainittava tuloksia käsittelevässä raportissa.

VISSIM on saksalaisen PTV Groupin kehittämä mikrotason simulointiohjelma. VISSIM soveltuu tarkkuustasonsa vuoksi erityisesti kaupunkiympäristön mallintamiseen, mutta ohjelma pystyy käsittelemään myös muita liikenneympäristöjä. Sillä voidaan mallintaa Paramicsin tavoin myös joukkoliikennettä sekä jalankulkijoita ja pyöräilijöitä. VISSIM on yksityiskohtaisempi simulointiohjelma kuin Paramics ja Synchro/SimTraffic.

Taulukossa 1 on esitelty tarkasteltujen simulointiohjelmien keskeisiä ominaisuuksia. Ohjelmien käyttökohteita, niistä saatavia tuloksia ja niiden toimintaa vaikuttavia parametriarvoja on käsitelty ohjeen myöhemmissä luvuissa ja liitteissä. Käyttökohdesuositukset koskevat ohjelmaversioita Paramics 6.8, VISSIM 5.40 ja Synchro/SimTraffic 7.

Taulukko 1. Simulointiohjelmien keskeisiä ominaisuuksia.

Ohjelman nimi	PARAMICS	SYNCHRO/SIMTRAFFIC	VISSIM
Ohjelman kehittäjä	Quadstone	Trafficware	PTV Vision
Ohjelman kotimaa	Skotlanti/Iso-Britannia	Yhdysvallat	Saksa
Pääasialliset käyttökohteet	Ajoneuvosimulointi (kaupunkiympäristö ja maantiet)	Liikennevalosuunnittelu	Ajoneuvosimulointi (kaupunkiympäristö ja maantiet)
Muut käyttökohteet	Kevyt liikenne, joukkoliikenne	Valo-ohjaamattomat liittymät	Kevyt liikenne, joukkoliikenne
Vahvuudet	Dynaaminen reitinvalinta, tulosten analysointi	Valojen optimointi, vihreät aallot	Matkaketjut, kaupunkiympäristö, animaatio
Heikkoudet	Animaation epätarkkuudet	Kiertoliittymätarkastelut	Graafinen tulostus
Kohdemallin koko	Pienet ja suuret mallit, erityisesti suuret alueet ja maantieympäristö	Pienet mallit	Pienet ja suuret mallit, erityisesti kaupunkiympäristö

3.3 Tarkastelumenetelmän valinta

3.3.1 Perustapausten tarkastelu

Toimivuustarkastelun tavoitteet ja tarkastelukohde vaikuttavat siihen, riittääkö tarkastelumenetelmäksi analyttinen menetelmä vai tarvitaanko simulointia. Pieniin, esimerkiksi yhden liittymän toimivuustarkasteluihin riittää usein analyttisen menetelmän käyttö. Laajemmissa kokonaisuuksissa suositellaan simulointia, jolloin nähdään esimerkiksi vierekkäisten liittymien väliset vuorovaikutukset.

Analyttisten menetelmien avulla voidaan laskea mm. yksittäisissä liittymissä liikenteen viivytyksiä, jonopituuksia ja palvelutasoa. Analyttisillä menetelmillä ei kuitenkaan suoraan nähdä esimerkiksi miten erilaisten toimenpiteiden toteuttaminen parantaa liikennevirran toimivuutta ja aiheutuuko niistä uusia toimivuusongelmia muualla. Analyttisillä menetelmillä jokainen tarkastelualueen kohta pitää tarkastella erikseen, eikä tarkastelupisteiden välisiä vuorovaikutuksia voida tutkia.

Suunnitellun maankäytön sijaitessa tiiviisti lähellä erillistä liittymää, saattaa riittää kyseisen maantieliittymän analyttinen tarkastelu edellyttäen, että maankäytön tuoma lisäys muuhun liikenteeseen on niin pieni, ettei se vaikuta olennaisesti seuraaviin liittymiin. Jos tarkasteltava liittymä on tarkastelutilanteessa kovin kuormittunut ja sen jonojen tiedetään tai arvioidaan ulottuvan herkästi viereisiin liittymiin, soveltuu simulointi paremmin työkaluksi. Kun maankäyttö sijoitetaan paikkaan, josta on useita reittivaihtoehtoja liittyä tarkasteltavalle maantieverkolle, tulisi tarkastella koko vaikutusalue. Analyttinen menetelmä soveltuu käytettäväksi tässä tilanteessa, jos selvityksen tekijä arvioi itse, missä suhteessa ajoneuvot jakautuvat tarkasteltaviin liittymiin. Usein tätä arviointia joudutaan tekemään joka tapauksessa myös simulointia varten.

Synchro/SimTrafficia ei suositella kiertoliittymien mallintamiseen, sillä ohjelman simuloinneissa jokainen kiertoliittymään saapuva ajoneuvo pysähtyy kolmion taakse, vaikka kiertotila olisi kyseisellä hetkellä tyhjä. Yksikaistaisen kiertoliittymän välityskyky jää simuloinneissa reilusti alhaisemmaksi kuin mitä suomalaisissa kenttämittauksissa on havaittu. Jos tarkasteluverkolla on kiertoliittymiä, voidaan Synchro/SimTrafficia käyttää vain, jos kiertoliittymien liikennemäärät ovat niin alhaisia, että ne välittävät kaiken liikennekysynnän, eivätkä ruuhkauta viereisiä liittymiä. Myös kiihdytyskaistojen mallintaminen on Synchro/SimTrafficilla rajoittuneempaa kuin muilla tässä ohjeessa käsitellyillä simulointiohjelmissa.

HCM/HCS-menetelmää ei suositella kiertoliittymien välityskykytarkasteluihin, sillä menetelmillä määritelty yksikaistaisen kiertoliittymän sisään tulokapasiteetti on pienellä kiertävällä liikenteellä pienempi ja suurella kiertävällä liikennemäärällä suurempi kuin Suomessa on kiertoliittymien kenttämittauksissa havaittu. Koska laskentakaava perustuu vain kiertävän liikenteen määrään ja vakiokertoiimeen, sen kalibrointimahdollisuudet Suomen olosuhteisiin ovat hyvin rajalliset.

3.3.2 Erityiskohteiden tarkastelu

Simulointiohjelmissa on normaalien liikennejärjestelyjen ja perusliikennevirran lisäksi mahdollista tarkastella myös erityiskohteita, kuten työmaajärjestelyjä tai vaihtoehtoisia kulkutapoja, kuten joukkoliikennettä, jalankulkijoita ja pyöräilijöitä sekä erilaisten liikenteen ohjaus- ja telematiikkasovellusten ja joukkoliikenne-etuuksien vaikutuksia. Erityiskohteiden tarkastelumahdollisuudet eivät välttämättä kuulu simulointiohjelmien perusominaisuuksiin, vaan saattavat edellyttää erityistä lisenssiä ja/tai käyttäjäohjelmointia.

Joukkoliikennettä on monissa ohjelmissa mahdollista simuloida erikseen tai muiden kulkumuotojen (ajoneuvot, kävelijät) kanssa yhdessä. Kun simuloinneissa on mukana samanaikaisesti useita eri kulkumuotoja ja kulkutapoja, voidaan tutkia niiden yhteisvaikutusta. Joukkoliikenteen simuloinnista saatavia tuloksia ovat esimerkiksi reitti-kohtaiset matka-ajat, pysäkkien kuormittuneisuus, laiturien kapasiteetti, kulkuneuvon täyttöaste, tarvittavien kulkuvälineiden lukumäärä, kulkuvälineiden aikataulutus sekä pysäkkien sijoittelun vaikutus joukkoliikenteen toimivuuteen. Joukkoliikenteen simulointi on tässä ohjeessa käsitellyistä ohjelmista mahdollista Paramicsilla ja VIS-SIMillä. Joukkoliikenteen liikennevalotuuksien mallintaminen edellyttää simulointimallin valo-ohjauslogiikan ohjelmistoon muutoksia, mikä on Paramicsin nykyversiolla hankalampaa kuin VISSIMissä. Synchro/SimTrafficilla ei ole mahdollista simuloida ja tarkastella erikseen joukkoliikennettä.

Jalankulkijoita ja pyöräilijöitä voidaan simuloida sekä muun liikenteen kanssa vuorovaikutuksessa että muusta liikenteestä erotettuna. Suomessa pyöräilysimulointia ei ole juurikaan tehty, mutta mm. Tanskassa se on yleistymässä. Jalankulkijoiden simulointia voidaan hyödyntää mm. julkisen liikenteen terminaleissa, kauppakeskuksissa ja evakuointimalleissa. Jalankulkijasimulointien avulla voidaan etsiä esimerkiksi liikenteellisiä pullonkauloja, mitoittaa asemalaitureita sekä tutkia eri kävelyreittivaihtoehtoja. Kevyen liikenteen mallintaminen on mahdollista VISSIMillä ja Paramicsilla. Synchro/SimTrafficissa kevyt liikenne huomioidaan vain liittymien kohdalla.

Ajoneuvoliikennetarkastelujen yhteydessä jotkut ohjelmat huomioivat suoraan jalankulkijoiden suojatiekäyttäytymisen ja vaikutukset tieliikenteen sujuvuuteen, mutta osassa ohjelmista jalankulkijat huomioidaan ainoastaan liikennevalojen ajoituksia

laadittaessa. Jalankulkijoiden puuttuminen ei tosin yleensä ole maantieliikenteen toimivuustarkasteluissa olennainen asia, sillä paikoissa, joissa sekä autoliikenteen ja jalankulkijoiden määrä on korkea, risteämiset autoliikenteen kanssa on joka tapauksessa järjestetty joko eritasossa tai valo-ohjatusti. Tällöin jalankulkijat voidaan huomioida liikennevalojen vaihekiirroissa.

Liikenteen päästöjen mallinnus on mahdollista joillakin mikrosimulointiohjelmilla. Päästöjen mallintamiseen on kehitetty myös omia ohjelmistoja.

Analyttisillä menetelmillä erityistilanteiden tarkastelumahdollisuudet ovat vähäiset, esimerkiksi joukkoliikenne-etuuk-sien vaikutuksia ei voida tutkia. DanKapilla voidaan tarkastella myös pyöräilijöitä. Jossain menetelmissä voidaan huomioida mm. jalankulkijat jossain määrin esimerkiksi korjauskertomien avulla.

3.3.3 Yhteenvedo menetelmän valinnasta

Analyttiset menetelmät soveltuvat pääosin tapauksiin, joissa tutkitaan yhtä liitty-mää, sekoittumisaluetta tai linjaosuutta kerrallaan. Analyttiset menetelmät tuottavat selkeitä yksikäsitteisiä tunnuslukuja, joiden käyttö esimerkiksi päätöksentekotilan-teissa voidaan kokea helpommaksi kuin simulointimallien tulosten analysointi. Ana-lyttiset menetelmät ovat nopeita ja helppoja käyttää.

Simulointia tarvitaan, kun halutaan tutkia laajempien liikennejärjestelyjen toimivuut-ta (mm. vierekkäisten liittymien vaikutukset toisiinsa), halutaan ottaa huomioon sa-tunnaisuus, tarkastella erikoisjärjestelyjen vaikutuksia (esim. joukkoliikenne-etuudet) tai edellytetään, että tunnuslukujen lisäksi toiminnallisuutta on havainnollistettava myös animaation avulla.

Nykykäytännön ja kokemuksen perusteella simulointiohjelmit Paramics ja VISSIM soveltuvat lähes kaikkiin käyttötarpeisiin, mutta niiden käyttö vaatii kohdemallin ole-tusparametriarvojen sovittamista Suomen olosuhteisiin. Synchro/SimTraffic soveltuu erityisesti liikennevalosuunnitteluun, mutta sitä voidaan käyttää myös laajemmissa liikenneverkkotarkasteluissa, jotka eivät sisällä kuormittuneita kiertoliittymiä.

Simulointia ja analyttisiä menetelmiä käytetään usein myös rinnakkain. Esimerkiksi erityisen haastavissa ja ruuhkaantuissa kohteissa on syytä käyttää molempia mene-telmiä ja vertailla tuloksia parhaimman ratkaisun löytämiseksi. Valo-ohjaamattoman pääväylän sisältävällä tarkastelualueella, jolla teiden liikennemäärät eivät ole lähellä väylien kapasiteettia, liikenteen simuloinnissa ei välttämättä esiinny merkittäviä eroja tarkasteluvaihtoehtojen välillä. Tällöin analyttisellä menetelmällä voidaan arvioida esimerkiksi sekoittumisalueiden palvelutasoa ja arvioida, mikä vaihtoehtoista on vä-hiten altis mahdollisille häiriöille.

Jos simuloinnit osoittavat, että tarkastelukohteessa voi olla toimivuusongelmia, tulee kohteen toimivuus varmistaa tarpeellisilta osin simuloinnin lisäksi jollain analytti-sellä menetelmällä.

Eri ohjelmien ja menetelmien soveltuvuus erilaisiin tarkastelukohteisiin on esitetty *taulukossa 2*.

Taulukko 2. Simulointiohjelman tai analyttisen menetelmän soveltuvuus erilaisiin tarkastelukohteisiin.

Käyttökohteet		Params	Synchro	VISSIM	HCM/HCS	Capcal	DanKap	LIVASU	Ksuhde
Liittymät	valo-ohjatut liittymät	1	1	1	1	1	1	1	1
	valo-ohjaamattomat liittymät	1	1	1	1	1	1	-1	-1
	yksikaistaiset kiertoliittymät	1	-1	1	0	-1	0	-1	-1
	monikaistaiset kiertoliittymät	1	-1	1	0	-1	0	-1	-1
Eritaso-liittymät	sekoittumisalueet	1	0	1	1	-1	-1	-1	-1
	erkanemiset	1	0	1	1	-1	0	-1	-1
	liittymiset	1	0	1	1	-1	0	-1	-1
Moottoritiet		1	0	1	1	-1	-1	-1	-1
Keskikaiteelliset ohituskaistatiet 2+1, osittain 1+1		1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
Linjaosuudet muilla tiettyypeillä		1	0	1	0	-1	-1	-1	-1
Tietyömaat	kiertotie	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1
	ajokaista suljetaan	1	1	1	0	0	0	0	0
	yksi kaista vuorotellen	1	1	1	0	0	0	0	0
	tilapäisiä liittymiä	1	1	1	0	0	0	0	0
Joukkoliikenne		1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
Jalankulku		0	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
Pyöräily		0	-1	1	-1	-1	0	-1	-1

1	Soveltuu hyvin (yleinen käyttö)
0	Soveltuu rajoitetusti
-1	Ei sovellu/ei ole käytetty

Menetelmän valintaan voi vaikuttaa myös tarve saada tiettyjä asioita koskevia tuloksia tai tuloksia tietyllä tavalla esitettynä. Tuloksia on käsitelty tarkemmin tämän ohjeen kohdassa 5.4 Tulokset.

4 Lähtötiedot

4.1 Lähtötietojen hankinta

4.1.1 Lähtökohdat

Toimivuustarkastelun lähtötiedot voidaan jakaa tarkastettavan kohteen ominaisuustietoihin sekä liikennemäärätietoihin. Näiden lisäksi kannattaa selvittää mm. alueelle aikaisemmin tehdyt liikenneselvitykset sekä alueen suunnitellut maankäyttötiedot liikenne-ennusteen laatimista varten. Nykytilanteen liikennetietoja tarvitaan sekä liikenne-ennusteen pohjatietona että mahdollisen nykytilanteen kohdemallin rakentamista varten.

4.1.2 Kohteen ominaisuustiedot

Toimivuustarkastelun yhtenä lähtötietokokonaisuutena ovat tiedot nykyisen liikenneverkon rakenteesta ja fyysisistä ominaisuuksista.

Kohdemallin tekemiseen tarvittavia lähtötietoja ovat muun muassa

- kaistajärjestelyt (mm. kaistojen määrä, leveydet ja kaistapituudet)
- liikennevalot ja niiden kiertoajat vaiheineen sekä ilmaisimet
- etuajo-oikeutetut ajosuunnat
- suojatiet
- bussipysäkit
- nopeusrajoitukset.

Lähteinä toimivat mm. tiesuunnitelmat ja mahdolliset liikennevalosuunnitelmat.

4.1.3 Nykytilanteen liikennetiedot

Nykyiset liikennemäärät saadaan liikennelaskentatiedoista. Aikaisemmin tehtyjen liikennelaskentojen laskentatiedot ovat monesti käyttökelpoisia, kun liikennetiedot korjataan laskentavuosi ja maankäytön muutokset huomioiden kasvukertoimien avulla vastaamaan nykytilannetta. Luotettavimmat lähtötiedot saadaan kuitenkin, jos selvitetään kunkin selvityksen yhteydessä nykytilanteen liikennemäärät esimerkiksi liikennevalojen ilmaisintietojen tai käsinlaskentojen avulla. Isomman alueen tarkasteluissa riittää usein, että käytetään viimeisintä alueelle laadittua alueellista nykytilanteen liikenne-ennustemallia, jota voidaan tarvittaessa tarkentaa tietyiltä osin esimerkiksi käsinlaskentojen pohjalta.

Jos tarkastelukohteen läheisyydessä on LAM-piste, saadaan kyseisen tien nykytilanteen liikennemäärät helposti suunnittain ja ajoneuvoryhmittäin luokiteltuna. LAM-pisteestä saadaan tietoa poikkileikkausliikenteen jakautumisesta mm. tunneittain, viikopäivittäin, viikoittain ja kuukausittain.

Liikennevalojen ilmaisimista on saatavilla tarkkaa päivittäistä liikennemäärätietoa halutuin ajanjaksoin, kun laskenta on päällä. Liikennemäärätieto on saatavissa ajosuunnittain, jos ilmaisimia on asennettu erikseen kääntymiskaistoille.

Koneellisten laskentojen lisäksi tai niiden puuttuessa voidaan suorittaa paikan päällä käsinlaskentoja. Käsinlaskennat ovat suositeltavia liikennemäärien selvittämiseksi etenkin, jos liikennevalojen ilmaisimista ei voida riittävällä tarkkuudella määrittää, miten saapuvat liikennevirrat jakautuvat kääntyvien ja suoraan ajavien kesken. Käsinlaskennat antavat selvityksen tekijälle myös käsityksen nykytilanteesta ja mahdollisista toimivuusongelmista, jos tarkastelun suorittaja ei tunne tarkastelukohdetta ennuudesta.

4.1.4 Liikenne-ennusteet

Tarkasteluajankohdan liikennemäärät arvioidaan nykytilanteen liikennemäärien ja alueen ennustetun maankäytön sekä liikenneverkon kehittymisen pohjalta. Liikenne-ennusteiden laatimisessa voidaan hyödyntää mm.

- alueellisia ja valtakunnallisia liikennetutkimuksia
- alueellisia liikennemalleja
- tilastokeskuksen tilastotietoja
- joustokertoimia ja kasvukertoimia
- valtakunnallista matka-aikamittausjärjestelmää
- pysäköintitutkimuksia
- kansainvälisiä vertailutietoja.

Uuden maankäytön synnyttämän liikenteen arvioimiseksi on tehty oppaita, kuten Ympäristöministeriön matkatuotosopas "Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa (Suomen Ympäristö 27/2008)". Tulevan maankäytön synnyttämiä liikennemääriä voidaan arvioida myös mm. suunniteltujen pysäköintipaikkojen määrän perusteella.

Liikenne-ennusteiden laatimisessa voidaan käyttää apuvälineenä makromalleja, kuten EMME/3 ja VISSIMin rinnalla toimivaa VISUM. Ohjelmien avulla voidaan mm. tutkia liikenteen jakautumista tarkasteltavalle liikenneverkolle erilaisilla liikenneverkkoratkaisuilla tai joukkoliikennetarjonnan muutosten vaikutuksia kulkutavan valintaan.

Liikenne-ennusteen laatimisperusteet tulee esittää arviointiraportissa riittävän yksityiskohtaisesti niin, että raportin lukija pystyy tarvittaessa toteamaan ennustevuoden liikennemäärien paikkaansa pitävyyden. Jos käytetään valmista ennustetta, lähde tulee mainita ja esittää mahdolliset pohjaennusteeseen tehdyt muutokset. Olennaista on, että liikenne-ennusteen muodostamisperiaatteet on kuvattu riittävän hyvin, jotta ennuste voidaan tarkistaa ja liikenne-ennuste voidaan tarvittaessa päivittää esimerkiksi maankäyttösuunnitelmien muuttumisen myötä muiden lähtöoletusten säilyessä samoina.

4.1.5 Epävarmuustekijät

Toimivuustarkastelun tulosten paikkansapitävyys riippuu hyvin paljon liikenne-ennusteen luotettavuudesta. Liikenne-ennusteeseen liittyy monia epävarmuustekijöitä, mm. maankäytön toteutuminen. Esimerkiksi työpaikkojen ja asukkaiden määrän kasvun arvioiminen on haasteellista. Lisäksi, vaikka ihmisten liikkumistottumuksia onkin tutkittu paljon, on vaikea määritellä tarkasti, miten paljon liikennettä mikäkin alue loppujen lopuksi synnyttää ja miten tämä liikennemäärä jakautuu mm. eri vuorokaudenajoille, väylille ja kulkutavoille. Myös tie- ja katuverkoston suunnitelmiin voi tulla muutoksia. Toimivuustarkastelu onkin syytä uusien pitkäkestoisten hankkeiden eri vaiheissa.

Maankäytön toteutumiseen liittyvien epävarmuustekijöiden haitalliset vaikutukset voidaan minimoida mm. laatimalla vaihtoehtoisia maankäyttöratkaisuja, esimerkiksi minimi- ja maksimiskenaario, ja toteuttaa toimivuustarkastelut molempien pohjalta laadittujen liikennemäärien puitteissa.

Erilliset liikennemäärälaskennat tehdään yleensä yhtenä päivänä, jolloin virhettä voi syntyä satunnaisvaihtelun takia. Laskennan tuloksia käytetään nykytilanteen tarkasteluissa ja liikenne-ennusteen tekemisessä, jolloin mahdollinen laskennan epätarkkuus kertaantuu. Vuorokausi- ja vuodenaikavaihtelun korjaamiseksi käytetään ohjeellisia korjauskertoimia, joita on määritelty mm. matkatuotosoppaassa.

Liikenne-ennusteen virheellisuuden riskin vähentämiseksi voidaan toteuttaa herkkyystarkasteluja. Herkkyystarkasteluja on käsitelty tarkemmin tämän ohjeen kohdassa 5.3.3 *Herkkyystarkastelut*.

4.2 Tarkasteluajankohdan valinta

Toimivuustarkastelut tehdään yleensä sekä nykytilanteen että ennustetilanteen mitoittavien huipputuntien liikennemäärillä. Ennustevuosia voi olla myös useita. Toimivuustarkasteluissa kannattaa selvittää sekä aamun että illan huipputuntien liikennemäärät nyky- ja ennustetilanteessa, jotta tarkasteltavan kohteen ratkaisut voidaan mitoittaa koko tarkasteluvälin ennustetun liikennekysynnän mukaisesti. Mikäli yksittäisen huipputunnin liikenne on hyvin suuri verrattuna muiden huipputuntien liikennemääriin, tarkastelu yhdessä huipputuntitilanteessa voi olla riittävä.

Tarkasteluajankohdan valintaan vaikuttavat tarkasteltavan kohteen läheisyydessä olevien liikennettä synnyttävien ja vastaanottavien alueiden luonne sekä tarkasteltavan väylän tai tarkastelualueen ominaisuudet. Alueilla, joilla on paljon samantyyppistä toimintaa, liikenne on usein epätasaisesti suuntautunut. Esimerkiksi työpaikka-alueet vastaanottavat liikennettä aamuisin ja synnyttävät liikennettä iltaisin, kun taas asuinalueilla liikennevirrat suuntautuvat päin vastaisesti. Kaupallisten kohteiden läheisyydessä liikennemäärät eivät ole välttämättä korkeimmillaan arkihuipputuntien aikana, vaan esimerkiksi lauantain huipputunti voi olla mitoittavin. Kaupallisten palvelujen keskittymissä onkin syytä arvioida erikseen myös viikonlopun liikennemäärät ja tehdä tarkastelu tarvittaessa myös näiden viikonpäivien huipputuntien tilanteissa.

Joissain erityiskohteissa liikennemäärät saattavat hetkellisesti nousta normaalitilanteesta hyvin voimakkaasti, mutta vain lyhyeksi ajanjaksoksi. Esimerkiksi urheilukeskuksille on tyypillistä, että niitä ympäröivä liikenneverkko on hetkellisesti hyvin kuormittunut alueella olleen tapahtuman loppumisajankohdan jälkeen, mutta tapahtuman luonne ja laajuus riippuen tällaiset hetkelliset kuormittumispiikit saattavat kestää vain muutamia kymmeniä minutteja.

Hetkellinen ruuhkaantuminen voi olla hyväksyttävää, sillä liikenneverkkoa ei voida mitoittaa kaikissa paikoissa maksimikysynnän mukaisesti. Tällaisissa kohteissa on olennaista selvittää, miten ruuhkautumistilanteista selvitään niin, että liikenteen toimivuus ei muulla liikenneverkolla heikkene olennaisesti. Esimerkiksi katuverkon ruuhkautuminen ei saisi aiheuttaa lähellä sijaitsevan moottoritien rampeille moottoritielle asti ulottuvia ajoneuvojonoja.

5 Toimivuustarkastelun suorittaminen

5.1 Kalibrointi ja validointi

Kalibrointi tarkoittaa simulointiohjelman tai analyttisen menetelmän parametriarvojen sovittamista niin, että tulokset vastaavat mitattuja liikennehavaintoja. Validointi tarkoittaa kalibroinnin yleistettävyyden arviointia.

Toimivuustarkasteluissa käytettävät kohdemallit ja ohjelmat kalibroidaan vastaamaan tarkasteluolosuhteita. Varsinainen kalibrointi- ja validointiprosessi ei yleensä kuulu toimivuustarkasteluprojektin työvaiheisiin, vaan ohjelmien kalibrointi ja niiden soveltuvuuden arviointi tehdään erillisissä toimeksiannoissa, joissa kehitetään ohjelmia vastaamaan paremmin tarkasteluolosuhteita. Ohjelmia käyttävät tahot voivat tehdä myös omia kehityshankkeita, jotta tarkasteluista saadaan luotettavampia tuloksia. Toimivuustarkasteluprojekteissa on kuitenkin olennaista yhtenä osana kohdemallin rakentamisprosessia muokata kohdemallin parametrit aikaisemmissa tutkimuksissa havaittujen suositusten mukaisesti.

Analyttisiin menetelmiin perustuvissa ohjelmissa voidaan säätää joitakin paikallisiin olosuhteisiin liittyviä parametreja. Tällaisia parametreja ovat esimerkiksi kriittinen aikaväli tai kaistatyyppien ominaisvälityskyky. Olosuhteista, esim. kaupunki- tai maaseutuymäristöstä riippuvien parametriarvojen valinnat tehdään menetelmien käytön yhteydessä.

Simulointiohjelmien muokattavat parametrit vaihtelevat ohjelmittain. Yleisesti ottaen parametrit voidaan jakaa koko verkkoa ja ajoneuvoja koskeviin parametreihin sekä kohdemallin yksittäisiä elementtejä kuten teitä, ramppeja ja liittymiä koskeviin parametreihin. Koko verkkoa ja ajoneuvoja koskevia parametreja ovat esimerkiksi Synchro/SimTrafficissa määriteltävä ajoneuvojen pituus tai Paramicsissa määriteltävä Time Steps eli aika-askelten määrä, joka kertoo kuljettajien päätöksentekohetkien määrän simulointisekuntia kohden. Vastaavasti yksittäisiin elementteihin liittyvät parametrit voivat vaikuttaa esimerkiksi siihen, miten nopeasti ajoneuvot purkautuvat liittymistä tai liittyvät moottoritien rampilta päävirran sekaan. Tällaisia parametreja ovat esimerkiksi Paramicsissa kertoimet Reaction Factor ja Headway Factor, joilla vaikutetaan kuljettajien reaktionopeuteen ja seuranta-aikaväleihin.

Kaiken kaikkiaan analyttisten menetelmien käyttö on selkeästi ohjeistettua, ja käyttäjällä on rajalliset vaikutusmahdollisuudet saataviin tuloksiin. Sen sijaan simulointiohjelmissa käytettävät parametrit vaikuttavat todella paljon ajoneuvokäyttäytymiseen, eli ohjelman käyttäjällä on suuri vaikutusmahdollisuus saatuihin tuloksiin. On erittäin olennaista, että käytettävässä ohjelmassa käytetään kohteen olosuhteisiin soveltuvia parametreja.

Tässä ohjeessa esiteltujen simulointiohjelmien Paramics, Synchro/SimTraffic ja VISSIM soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin on arvioitu jonkin verran. Eri ohjelmien kalibroitavia parametreja on esitetty ohjelmittain *liitteissä 2–4*. Suomalaisissa simulointihankkeissa on tarkempien tietojen puuttuessa suositeltavaa käyttää liitteissä esitettyjä parametriarvoja. Niiden parametrien osalta, joita ei ole erikseen käsitelty, käytetään parametrien oletusarvoja, ellei ole perusteltua syytä käyttää muita arvoja.

Liitteissä 2–4 esitetyt parametriarvot on kalibroitu normaaliolosuhteita varten. Arvot eivät suoraan sovellu esimerkiksi työmaa-aikaisen liikennekäyttämisen, huonojen keliolosuhteiden tai muiden erityisolosuhteiden mallintamiseen. Käyttäjä voi tällaisia tarkasteluja tehdessään poiketa perustellusta syystä esitetyistä arvoista. Esimerkiksi pituuskaltevuudeltaan suuressa tien kohdassa olevassa liittymässä voidaan tarvittaessa muuttaa parametreja, jotka vaikuttavat ajoneuvojen purkautumisaikaväleihin.

Simulointiraportissa tulee mainita, mitä parametreja on muutettu ohjelman oletusarvoista.

5.2 Kohdemallin rakentaminen

Kohdemalli määritetään rakentamalla simulointiohjelmalla malli, jonka infrastruktuuri vastaa nykyistä tai suunniteltua liikenneympäristöä. Liikenneverkon rakentamista riippuu ohjelmasta. Ohjelmissa on yleensä peruselementtejä, kuten kaistoja ja linjaosuuksia kuvaavia linkkejä, sekä liittymäalueita kuvaavia solmuelementtejä. Linkkielementeille määritellään mm. nopeusrajoitus, leveys, pituus ja kaistamäärä. Solmuelementille määritellään mm. kaistat, etuajo-oikeusjärjestelyt ja mahdolliset liikennevalo-ohjausperiaatteet.

Simulointitarkasteluissa on syytä lähteä liikkeelle nykytilanteen kohdemallilla, jotta voidaan varmistaa laaditun kohdemallin oikeellisuus. Kohdemallin on vastattava riittävällä tarkkuudella havaittua nykytilannetta, ennen kuin voidaan lähteä laatimaan ennustetilanteen mallia ja tutkimaan esimerkiksi suunniteltujen ratkaisujen toimivuuksia verrattuna nykytilanteen toimivuuteen. Nykytilanteen malli voidaan jättää rakentamatta, jos alueen liikennejärjestelyt tulevat muuttumaan hyvin merkittävästi tulevaisuudessa ja nykytilanteen tarkastelutiedoilla ei ole olennaista merkitystä ennustetilanteen tarkasteluissa. Nykytilanteen malli voidaan jättää rakentamatta esimerkiksi tilanteessa, jossa liikennemäärät ovat alueella nykytilanteessa hyvin vähäiset, mutta tulevat kasvamaan olennaisesti suunnitellun maankäytön seurauksena.

Liikenneinfrastruktuurin lisäksi malliin määritellään liikennemäärät. Liikennemäärät määritellään Paramicsilla määrittämällä kohdemalliin niin sanottuja syötinalueita, jotka lähettävät ja/tai vastaanottavat liikennettä. Näiden syötinalueiden välille muodostetaan kysyntämatriisi eli lähtöpaikka-määräpaikkamatriisi. Synchro/SimTrafficissa liikennemäärät määritellään erikseen jokaisen liittymän kaikille kääntyville virroille. VISSIMissä liikennemäärät määritellään reiteittäin koko liikenneverkon läpi. Kullekin reitille määritellään joko tarkka liikennemäärä tai prosenttiosuus alkupisteen kokonaisliikennemäärästä.

Joukkoliikenne mallinnetaan Paramicsissa ja VISSIMissä erikseen määrittämällä liikenneverkolle joukkoliikennepysäkit ja reitit pysäkkien välille sekä aikataulut eri reiteille. Pysähtymisaikojen määrittämiselle on molemmissa ohjelmissa useita eri tapoja. Synchro/SimTrafficissa joukkoliikennettä ei ole mahdollista mallintaa.

Kohdemallin liikenneinfrastruktuurin rakentaminen pienille alueille on nopeinta Synchro/SimTrafficilla, koska se on tässä ohjeessa esitetyistä simulointiohjelmista yksinkertaisin. Ison liikenneverkon rakentaminen on kuitenkin Synchro/SimTrafficilla hidasta liikennemäärien määrittämisen työläydestä johtuen. VISSIMillä liikenneverkon rakentaminen on tässä ohjeessa esitetyistä simulointiohjelmista kaikkein hitainta, sillä ohjelmassa kuvataan liikenneverkon elementit kaikkein yksityiskohtaisimmin

ja myös liikennemäärien määrittäminen on hitaampaa kuin Paramicsissa. Tulosten käsittely on Paramicsissa ja Synchro/SimTrafficissa nopeampaa kuin VISSIMissä, koska tulosten analysoinnissa voidaan hyödyntää graafisia tulosteita.

5.3 Tarkastelujen suorittaminen

5.3.1 Satunnaisuuden tuottaminen

Simulointiohjelmat eroavat analyttisistä menetelmistä siten, että simulointiohjelmissä voidaan tuottaa satunnaisuutta.

Luotettavien tulosten takaamiseksi on simulointiajoja toistettava eri siemenluvuilla satunnaisuuden tuottamiseksi. Siemenlukujen avulla tuotetaan samoilla lähtöoletuksilla satunnaisvaihtelua, joka vastaa jokaisen päivän ainutkertaisuutta. Mitä useammalla siemenluvulla kohdemallin simuloinnit ajetaan, sitä kattavampi ja luotettavampi otos saadaan.

Kuormittuneissa kohteissa simulointiajo tulee toistaa vähintään kolmella eri siemenluvulla. Jos ruuhkainen, kapasiteetin ylärajoilla oleva tarkastelukohde tutkitaan vain yhdellä siemenluvulla, ei välttämättä havaita kaikkia mahdollisia ongelmapistettä. Ajamalla ruuhkaista verkkoa useilla eri siemenluvuilla saadaan paremmin esille kaikki potentiaaliset ongelmapistet.

Toimivuuden kannalta vähemmän kuormittuneissa kohteissa riittää muutama simulointiajo tai yksi monen tunnin simulointiajo huipputunnin liikennemäärillä. Jos liikennemäärät eivät ole lähellä kapasiteettia, ei toimivuusongelmia tutkituilla liikennemäärillä ilmene, vaikka simuloinnit toistettaisiin lukuisia kertoja. Toimivuusongelmia voisi ilmetä tällaisessa tilanteessa vain, jos jotain poikkeuksellista tapahtuisi, esimerkiksi kokonaisen kaistan hetkellinen käytöstä poistuminen onnettomuuden takia. Tällaista ei kuitenkaan tapahdu tavallisessa simulointimallissa, joka on oikein rakennettu, sillä simulointi tapahtuu ideaalimaailmassa, jossa onnettomuuksia ei tapahdu.

Simulointiraportissa tulee mainita, miten monta kertaa simuloinnit on toistettu.

5.3.2 Simuloinnin kesto ja tulosten kerääminen

Tarkasteltava simulointijakso on yleensä huipputunti. Erityisesti isommissa malleissa on ajettava lämmittelyjakso, jotta malli täyttyy ajoneuvoista ennen huipputuntia ja tulosten nauhoittamisen aloitusajankohtaa. Lämmittelyjaksoa ei kuitenkaan tarvitse ajaa huipputunnin liikennemäärillä.

Simulointituloksia voidaan usein kerätä miltä ajanjaksoilta tahansa. Tavallista on kuitenkin analysoida ja mitata simulointituloksia tunnin ajanjaksolta (huipputunti). Ruuhkaisissa kohteissa simulointia voidaan jatkaa huipputunnin jälkeen vielä esimerkiksi tunnin ajan, jolloin nähdään, miten ruuhkaantuminen vähenee huipputunnin jälkeen liikennemäärien laskiessa ja koska esimerkiksi mahdollinen ylikuormitustilanne lakkaa.

5.3.3 Herkkyystarkastelut

Liikenne-ennusteen laatimiseen liittyy aina monia epävarmuustekijöitä, kuten arvioitun maankäytön kehittymisen toteutuminen tai ihmisten liikkumistottumusten muuttuminen. Liikenne-ennuste on aina vain arvaus tulevasta. Jos ennusteeseen liittyy paljon epävarmuustekijöitä, tulee kohteen toimivuuden varmistamiseksi tehdä riittävä määrä herkkyystarkasteluja. Herkkyystarkastelujen tarkoitus on varmistaa liikenteellinen toimivuus ennustettua suuremmalla liikennemäärällä. Tarkasteluja voidaan lisäksi hyödyntää kohteen maksimikapasiteetin laskennassa.

Herkkyystarkasteluissa joko koko tarkastelualueen tai tietyn kohteen kuten liittymän, alueen tai väyläosuuden liikennemäärää kasvatetaan. Kasvatus voi olla esimerkiksi tasaisesti 5 %, 10 % tai 15 %, tai jokin muu haluttu prosenttiosuus. Herkkyystarkastelu voidaan toteuttaa myös kasvattamalla jotain tiettyä, kriittistä liikennevirtaa, tai liikennevirtaa, joka on esimerkiksi alueellisesta liikennemallista saadussa ennusteessa osoittautunut odotettua tai jopa todellista liikennemäärää alhaisemmaksi.

Herkkyystarkasteluja kannattaa tehdä etenkin silloin, kun halutaan varmistua, että tarkasteltavat ratkaisut eivät ylikuormitu, vaikka liikennekysyntä olisikin ennustettu korkeampi. Herkkyystarkasteluja voidaan myös hyödyntää, jos halutaan selvittää, miten kauan tarkasteltavat liikenneratkaisut kuten liittymän eri kaistat arviolta kestävät ruuhkautumatta liikenteen yhä kasvaessa.

5.4 Tulokset

Toimivuustarkasteluista saatavat liikenteellistä toimivuutta kuvaavat tunnusluvut ja niiden tarkkuustaso vaihtelevat menetelmittäin ja ohjelmittain. Analyttiset menetelmät käsittelevät liikennettä tilastollisena ilmiönä ja tuottavat yksittäiseen tarkasteluajankohtaan ja pisteeseen liittyvää laskentatietoa, kun taas simulointiohjelmiin liittyy yksittäisten ajoneuvojen välinen vuorovaikutus ja satunnaisuus. Simulointiohjelmista on usein mahdollista saada myös yksittäisiin ajoneuvoihin liittyviä tietoja.

Toimivuustarkasteluissa esitetään perinteisesti mm. seuraavia tuloksia:

- ajoneuvojen keskimääräiset viivytykset liittymissä tulosuunnittain
- jonopituudet (ajoneuvoja tai metrejä) tulosuunnittain ja kaistoittain
- nopeustason muutokset
- matka-ajat
- pysähtymään joutuneiden ajoneuvojen määrä tai osuus
- palvelutasoluokat.

Kaikilla menetelmillä tai ohjelmilla ei voida tuottaa kaikkia edellä mainittuja tietoja. Simulointiselvityksessä ruuhkautuminen voidaan kuvailla myös sanallisesti animaation perusteella.

Paramicsista ja Synchro/SimTrafficista tulokset ovat saatavissa sekä graafisessa että tekstimuodossa. VISSIMistä on saatavilla joitain kuvia kuten nopeuksien tasot graafisesti hieman suuremmalla työllä, mutta pääosin VISSIMin tulokset saadaan tekstimuodossa. Simulointiohjelmien tuottamia tuloksia on käsitelty tarkemmin ohjelmitain *liitteissä 2–4*.

Toimivuustarkasteluraportissa esitettävät tulokset ovat riippuvaisia siitä, mihin kysymyksiin tarkastelulla on haettu vastauksia. Yksittäisen liittymän toimivuutta kuvaavat keskeiset tunnusluvut ovat viivytykset ja niiden pohjalta lasketut palvelutasot sekä jononpituudet tulosuunnittain. Kun halutaan osoittaa, minkälaiset vaikutukset maantien viereen rakennettavalla kohteella on maantien liikenteen toimivuudelle, on tienpitoviranomaiselle syytä esittää mahdollisuuksien mukaan vähintään viivytykset ja palvelutasoluokat tarkastelualueella olevissa maantieliittymissä. Kuormittuneista liittymistä on lisäksi esitettävä tarkasteluajankohtien aikaiset jonot. Usean liittymän käsittävän tarkastelualueen tarkasteluissa niitten yksittäisten liittymien tulosten esittäminen ei ole välttämätöntä, joitten toimivuus on hyvä ja jotka eivät vaikuta haitallisesti lähiliittymien toimivuuteen. Tällöin riittää sanallinen kuvaus tarkastelutavasta ja toteamus siitä, että tarkastelualueen ko. liittymissä ei ole toimivuusongelmia.

Tuloksista tulee ilmetä muutosten vaikutukset nykytilanteen ja tarkasteltujen ennustetilanteiden toimivuuteen. Ehdotettujen ratkaisujen on pääsääntöisesti toimittava pitkälle tulevaisuuteen.

Mahdollisesti tehtävillä herkkyystarkasteluilla voidaan testata ratkaisun kykyä välittää enemmän liikennettä kuin mitä tarkastelussa on lähtökohtana käytetty.

Palvelutasojen osalta raportissa tulee esittää, mitä palvelutasoluokitusta on käytetty ja miten palvelutasoluokat on määritetty. Liikennevalojen osalta on suositeltavaa käyttää Tiehallinnon (nyk. Liikennevirasto) julkaisussa "Liikennevalojen suunnittelu, LIVASU" esitettyjä palvelutasomäärittelyksiä.

5.5 Raportointi

Toimivuustarkasteluraportissa tulee esittää ainakin *taulukossa 3* esitetyt asiat.

Taulukko 3. Toimivuustarkasteluraportissa esitettävät asiat.

Käytettävä ohjelma tai menetelmä	Raportissa esitellään lyhyesti käytettävän ohjelman perusominaisuudet ja tarvittaessa perusteet käytetyn ohjelman tai menetelmän valinnalle.
Tarkastelualue	Raportissa kuvataan tarkastelualue ja tarkasteltavat vaihtoehdot.
Tarkasteltavat tilanteet ja liikennemäärät näissä tilanteissa	Raportissa kuvataan, missä erilaisissa liikennetilanteissa (mm. aamuhuipputunti) tarkastelut on toteutettu ja mitkä olivat liikennemäärät näissä tilanteissa. Laajemmissa verkkotarkasteluissa riittää, että esitetään koko verkon liikennemäärät. Kuormittuneiden ja olennaisten liittymien osalta on suositeltavaa esittää myös kääntyvät virrat.
Liikenne-ennusteen muodostamisen lähtökohdat	Raportissa kuvataan liikenne-ennusteen muodostamisen lähtökohdat kuten nykytilanteen liikennemäärät, liikenne-ennusteen pohjalla oleva aikaisempi liikenne-ennuste tai perusteet liikenne-ennusteen laitimiselle (esim. käytetyt kasvukertoimet, maankäyttötiedot, tuotosluvut, korjauskertoimet, ajoneuvokuormitukset yms.) sekä arvio ennusteen paikkaansa pitävydestä ja mahdollisista epävarmuustekijöistä.
Simulointiasetukset ja parametriarvot	Raportissa kuvataan mm. toistettujen ajojen määrä sekä parametriarvot, joita on muutettu ohjelman oletusparametriarvoista.
Toteutetut herkkyystarkastelut	Raportissa kuvataan, millaisilla oletuksilla mahdolliset herkkyystarkastelut on toteutettu.
Tulokset	Raportissa esitetään vähintään sanallinen kuvaus toimivuudesta. Olennaisista liittymistä tai alueista on suositeltavaa esittää myös toimivuutta kuvaavia tunnuslukuja kuten viivytykset ja jononpituudet kuvina tai numeerisina arvoina.
Johtopäätökset	Raportissa esitetään, millaisiin johtopäätöksiin tarkastelu johti ja mitkä ovat suositeltavat jatkotoimenpiteet sekä mahdolliset riskitekijät.

6 Tilausmenettelyt ja arkistointi

6.1 Tarjouspyyntö- ja tilausmenettelyt

Tarjouspyyntö- ja tilausvaiheessa tulee määrittää ne tutkimuskysymykset, joihin tarkastelulla haetaan vastauksia. Tilaajan tulee mm. määrittää, haetaanko vastauksia siihen, millainen toimivuus saavutetaan etukäteen määritetyillä ratkaisulla, vai etsitäänkö tarkasteluilla parasta mahdollista ratkaisua. Kun haetaan toimivuuden kannalta parasta mahdollista lopputulosta, tutkittavien tapausten määrä on vaikeampi määritellä etukäteen, koska tämä riippuu hyvin pitkälti siitä, kuinka kuormittuneesta verkosta on kyse.

Lähtötietojen osalta tulee mainita, mitä lähtötietoja tilaajalta löytyy valmiiksi ja mitkä on hankittava. Esimerkiksi liikenne-ennusteen osalta tulee määritellä, voidaanko käyttää jotain aiempaa ennustetta vai edellyttääkö työ ennusteen laatimista.

Tarjouspyynnössä ja tilauksessa tulee mainita, jos tarkastelujen edellytyksenä on käyttää tiettyä ohjelmaa tai menetelmää.

Tarjouspyynnössä ja tilauksessa on syytä mainita, mitä toimivuustekijöitä työssä on tarkasteltava. Yleensä tarkasteltavia asioita ovat mm. jononpituudet, viivytykset ja palvelutasoluokat. Jos tarkasteltavat tekijät määritellään jo tilausvaiheessa, tämä voi karsia pois joitakin käytettäviä ohjelmia tai menetelmiä, joilla kyseisiä tekijöitä ei ole mahdollista tai yhtä helppoa tarkastella kuin vaihtoehtoisilla ohjelmilla tai menetelmillä.

Tarjouspyynnössä ja tilauksessa on syytä määrittää tarkasteltava alue, koska tarkastelualueen laajentaminen voi olla työlästä jälkikäteen. Kohdekohtaisesti on hyvä ilmoittaa tarkasteluun kuuluvat tiet, liittymät ja rampit. Lisäksi on syytä mainita kaikki tarkasteluun halutut vaihtoehdot, jotka voivat koostua esimerkiksi erityyppisistä liittymistä tai erilaisista teiden poikkileikkauksista. Kaikki tarkasteluvuodet, tarkasteluajankohdat sekä vaadittavat herkkyystarkastelut tulee kirjata asiakirjoihin. Tämä helpottaa työmäärän arviointia.

Vaikka mm. tarkasteltavat vaihtoehdot ja ennustevuodet määritellään etukäteen, myös mahdolliset toimivuusongelmat ja vaihtoehtoisten ratkaisujen määrä vaikuttavat tutkittavien tapausten määrään. Hankintamuodon pitäisi ottaa huomioon, että tapausten määrä voi olla vaikea määrittää. Esimerkiksi herkkyystarkastelujen yksityiskohtainen tarve selkeytyy usein vasta tarkastelujen yhteydessä.

Kiinteähintaisissa töissä työ sisältää yleensä kiinteään hintaan kohdemallin laatimisen ja rajatun, etukäteen sovitun määrän simulointitapauksia. Lisäsimulointitapauksille voidaan esimerkiksi määritellä yksikköhinta (€/lisäsimulointitapaus) tai ne voidaan toteuttaa tuntiveloitustyönä.

6.2 Arkistointi

Liikenneviraston tai ELY-keskuksen tilaamissa toimivuustarkasteluissa syntyneet tiedostot arkistoidaan Liikenneviraston toimintaohjeen mukaisesti (Suunnitelmatiedon hallinta, Toimintaohje, Liikenneviraston ohjeita 23/2012).

Suositteltavaa on, että tilaajat pyytävät kohdemallit omiksi. Liikenneviraston ja ELY-keskusten hankinta-asiakirjapohjissa tilaajalla on varattu omistusoikeus kohdemalliin ja tulostiedostoihin.

KSuhde

KSuhde on analyttinen tietokoneohjelma, joka on tarkoitettu liikennevalo-ohjattujen liittymien toimivuuden arviointiin. Ohjelmalla lasketaan liikennevalo-ohjatun liittymän käyttösuhde. Käyttösuhde kuvaa liittymän välityskyvyn riittävyyden. Käyttösuhde kertoo, kuinka suuri osuus liikennevalojen vihreän vaiheen maksimijasta on käytössä. Ohjelma on kaikkien käytettävissä Helsingin Kaupunkisuunnitteluviraston Internetsivuilla. Se perustuu Tiehallinnon (nyk. Liikennevirasto) ohjeeseen Liikennevalojen suunnittelu, LIVASU.

KSuhde -ohjelma tarvitsee lähtötiedoksi tarkasteltavan liittymän perusominaisuustiedot (kuva 1.1) sekä tiedot liittymän kaistamääristä, liikennemäärästä sekä suojateiden määrästä, pituuksista ja mahdollisista keskikorokkeista (kuva 1.2). Käyttäjä voi muuttaa oletusarvoisista perusominaisuustiedoista mm. liikennevalojen kiertoajan, jonossa olevan ajoneuvon pituuden tai ajokaistan ominaisvälityskyvyn.

Risteyksen numero ja nimi sekä laskentavaihtoehto			
Numero	111	Risteys	Pääkatu / Sivukatu
Vaihtoehto	Perusvaihtoehto		
Liikenteen ominaisuudet		Keskusta-alueet	Muut alueet
Ajokaistan liikenteen ominaisvälityskyky	1800	1800 a/h	1950 a/h
Jonossa olevan auton pituus	5.5	5,5 m	6 m
Liikennevalojen ominaisuudet		Perusristeykset	Laajat risteykset
Kiertoaika	90	90 s	120 s
Keskimääräinen hukka-aika	5	5 s	6-7 s
Ajosuunnan minimivihreä	5	5 s	6 s
Suojatien minimivihreä	10	8 s	10 s
Ajosuuntien ja suojateiden (opastinryhmien) lukumäärä		6	Vähintään 2 ja enintään 16

Asetukset

☐ Ei selliteltä

Tulostaus

Tekstikoko 10

☐ Ei yhteenvetoa

Seuranta

☐ Suuntaketjut

☐ Ketjujen synty

☐ Välityskyky

Kuva 1.1 Liittymän perusominaisuustietojen syöttäminen KSuhde-ohjelmaan (Lähde: Helsingin kaupungin Internetsivut).

Nro	Ajosuunta / Suojatie	Tyyppi	Ajosuunnan liikenne		Välityskyvyn täsmennykset				Suojatie		Yhtei- nen suunta
			Määrä autoa/h	Välityskyky tai kaistat	Lyhyt kaista Hidas alku	Pituus Aika	Vierik. Vähän.	Koro- ke	Pituus (m)		
1	Pääsuunta idästä	<div><div></div> ajosuunta</div> <div><div></div> suojatie</div>	1000	1	<div><div></div> lyhyt kaista</div> <div><div></div> hidas alku</div>						
2	Pääsuunta lännestä	<div><div></div> ajosuunta</div> <div><div></div> suojatie</div>	1100	1	<div><div></div> lyhyt kaista</div> <div><div></div> hidas alku</div>						
3	Idästä vasemmalle	<div><div></div> ajosuunta</div> <div><div></div> suojatie</div>	200	1	<div><div></div> lyhyt kaista</div> <div><div></div> hidas alku</div>						
4	Sivutieltä vasemmalle	<div><div></div> ajosuunta</div> <div><div></div> suojatie</div>	150	1	<div><div></div> lyhyt kaista</div> <div><div></div> hidas alku</div>						
5	Sivutieltä oikealle	<div><div></div> ajosuunta</div> <div><div></div> suojatie</div>	100	1	<div><div></div> lyhyt kaista</div> <div><div></div> hidas alku</div>						
6	suojatie	<div><div></div> ajosuunta</div> <div><div></div> suojatie</div>							13		

Kuva 1.2 Liittymäjärjestely- ja liikennemäärätietojen syöttäminen KSuhde-ohjelmaan (Lähde: Helsingin kaupungin Internetsivut).

Liittymäjärjestely- ja liikennemäärätietojen lisäksi ohjelmaan määritellään suunnat, joille ei voida näyttää yhtä aikaa vihreää valoa. Kuvan 1.3 mukaiseen eriaikaisuustaulukoon määritellään, mitkä liikennevirrat ovat konfliktissa keskenään. Väistö-

sarakkeeseen voidaan lisätä sekavaiheiden osalta ne ajosuunnat, joita kyseisen suunnan ajoneuvojen tulee väistää.

Ajosuunta/Suojatie (opastinryhmä)		1	2	3	4	5	6	Väistö
Pääsuunta idästä	1		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pääsuunta lännestä	2	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Idästä vasemmalle	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sivutieltä vasemmalle	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sivutieltä oikealle	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
suojatie	6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Kuva 1.3 KSuhde-ohjelman eriaikaisuustaulukko (Lähde: Helsingin kaupungin Internetsivut).

Ohjelma laskee lähtötietojen pohjalta liittymän käyttösuhteen. Kuvassa 1.4 on esitetty esimerkki ohjelman tulossivusta. Esimerkkiliittymän käyttösuhde on 0,95, eli lähes koko liittymän välityskyky on käytetty. Jos käyttösuhde on yli 1, liittymään on tehtävä jotain muutoksia, esimerkiksi lisättävä ajokaistoja. Käyttösuhdetta voi yrittää parantaa myös kiertoaikaa muuttamalla.

LIIKENNEVALOJEN TOIMIVUUSTARKASTELU KSUHDE 4.0 111 Pääkatu / Sivukatu Perusvaihtoehto					Pvm 4.7.2013 Klo 10:19 Kierto= 90 s Hukka = 3 x 5 s
Ajosuunta/ Suojatie	Liikenne an/h max	Ominais- väl.kyky	Aika- tarve (s)	Mitoittavat suunnat	
1 Pääsuunta idästä	AN 1000	1800	55	C	
2 Pääsuunta lännestä	AN 1100	1800	60	A B	
3 Idästä vasemmalle	AN 200	1800	15	A D	
4 Sivutieltä vasemmalle	AN 150	1800	13	A C D	
5 Sivutieltä oikealle	AN 100	1800	10M	B E	
6 suojatie	JK	13 m	21	D E	
KÄYTTÖSUHDE KS= 0.95 VÄLTÄVÄ E: 0.34					A: 0.97 B: 0.78 C: 0.75 D: 0.54
Käyttösuhteeseen vaikuttavat suunnat:					
2 Pääsuunta lännestä	aikatarve= 60 s				
3 Idästä vasemmalle	aikatarve= 15 s				
4 Sivutieltä vasemmalle	aikatarve= 13 s				

Kuva 1.4 Ksuhde-ohjelman antama tulostaulukko (Lähde: Helsingin kaupungin Internetsivut).

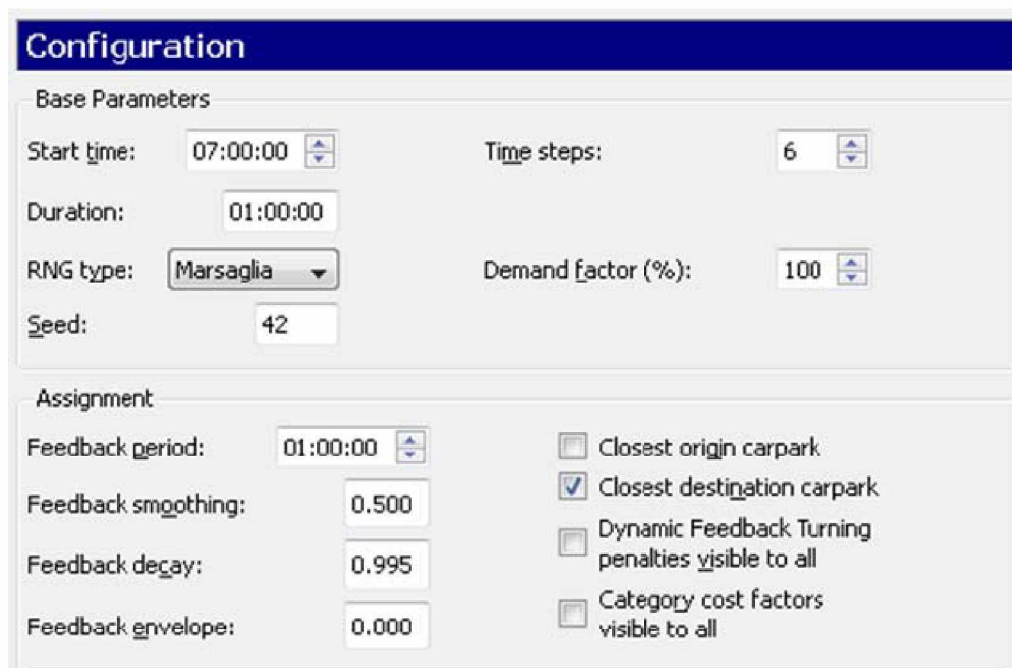
Paramics

Paramics -ohjelman parametrit voidaan karkeasti ottaen jakaa koko verkkoa koskeviin (simulointiasetuksiin) ja yksittäisiä verkon elementtejä koskeviin parametreihin. Jäljempänä esitetyt, ohjelman oletusarvoista poikkeavat ja suomalaisissa normaaliliikenneolosuhteissa käytettäväksi soveltuvat parametrien arvot on saatu Ramboll Finland Oy:n tekemien sisäisten tutkimusten tuloksina.

Kohdemallin rakentamisvaiheessa tulee kiinnittää erityistä huomiota siihen, miten erilaiset liittymäympäristöt kuvataan. Liittymän perusomaisuuksien, kuten kaistamäärien määrittämisen jälkeen käyttäjän tulee tarkistaa, että esimerkiksi liittymään saapuvien ajoneuvojen pysähtymiskohtaan vaikuttavat **Kerbs** ja **Stoptlines** -elementit on sijoitettu oikein. Mm. kiertoliittymää mallinnettaessa ohjelma sijoittaa Kerbs -elementit yleensä liian kauas liittymästä, mikä pienentää kiertoliittymän välityskykyä. Yksiselitteisiä ohjeita mallin rakentamiselementtien sijainneista ei voida antaa, vaan ne riippuvat aina tutkittavasta kohteesta.

Simulointiasetukset

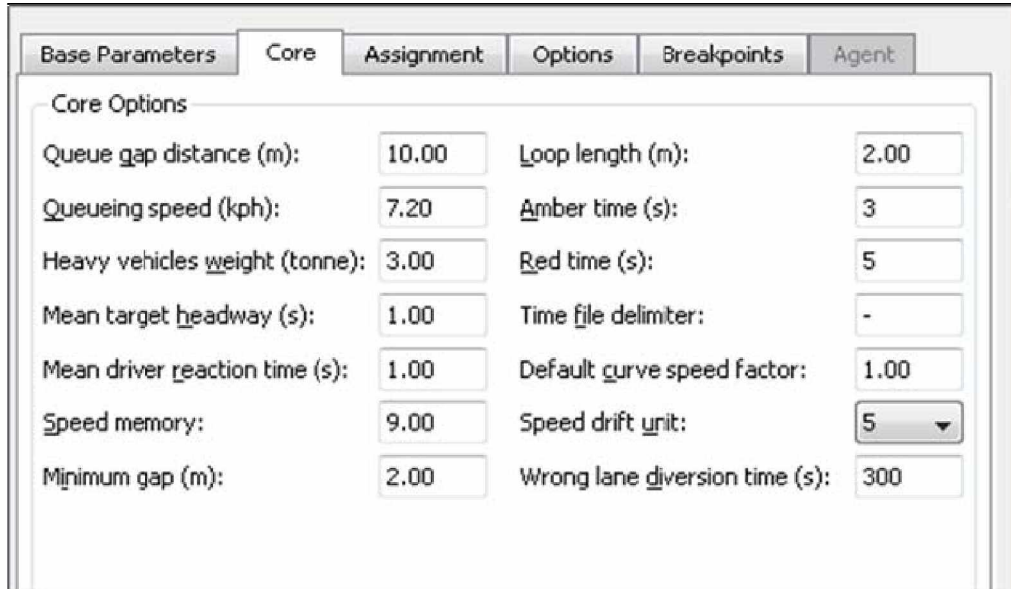
Olennaisimmat simulointiasetuksiin liittyvät parametrit ovat Configuration -valikon **Time Steps** ja **Speed Memory** (kuvat 2.1 ja 2.2). Time Steps eli aika-askelten määrä kertoo kuljettajien päätöksentekohetkien määrän simulointisekuntia kohden. Mitä suurempi arvo on, sitä useammin malli päivittyy ja kuljettajille syntyy päätöksentekotilanne. Oletusarvo on 2, mutta suositeltava arvo on 6, joka soveltuu sekä isoille että pienille liikenneverkoille. Jos halutaan tutkia yksityiskohtaisesti jonkin pienen alueen, esimerkiksi yhden liittymän toimintaa, voi arvo olla 8 tai 10. Ohjelmakehittäjien suosituksena on vähintään arvo 4. Kun Time Steps -arvoa muutetaan, myös Speed Memory pitää muuttaa 1,5 kertaa Time Steps -arvon suuruiseksi (oletusarvo on 3). Mitä isompi arvo on, sitä hitaammin simulointiajon suorittaminen tapahtuu.



Configuration	
Base Parameters	
Start time:	07:00:00
Duration:	01:00:00
RNG type:	Marsaglia
Seed:	42
Time steps:	6
Demand factor (%):	100
Assignment	
Feedback period:	01:00:00
Feedback smoothing:	0.500
Feedback decay:	0.995
Feedback envelope:	0.000
<input type="checkbox"/>	Closest origin carpark
<input checked="" type="checkbox"/>	Closest destination carpark
<input type="checkbox"/>	Dynamic Feedback Turning penalties visible to all
<input type="checkbox"/>	Category cost factors visible to all

Kuva 2.1 Configuration -valikko.

Muita parametriarvoja, joita voidaan muuttaa ovat mm. simuloinnin aloitusaika (Start Time), kesto (Duration) ja siemenluku (Seed) sekä sijoitteluun (Assignment) liittyvät asetukset. Näiden arvot riippuvat tutkittavasta tapauksesta. Ohjelman käyttöoppaassa on ohjeita asetusten valintaa varten.



Core Options			
Queue gap distance (m):	10.00	Loop length (m):	2.00
Queueing speed (kph):	7.20	Amber time (s):	3
Heavy vehicles weight (tonne):	3.00	Red time (s):	5
Mean target headway (s):	1.00	Time file delimiter:	-
Mean driver reaction time (s):	1.00	Default curve speed factor:	1.00
Speed memory:	9.00	Speed drift unit:	5
Minimum gap (m):	2.00	Wrong lane diversion time (s):	300

Kuva 2.2 Configuration –valikon lisävalikot.

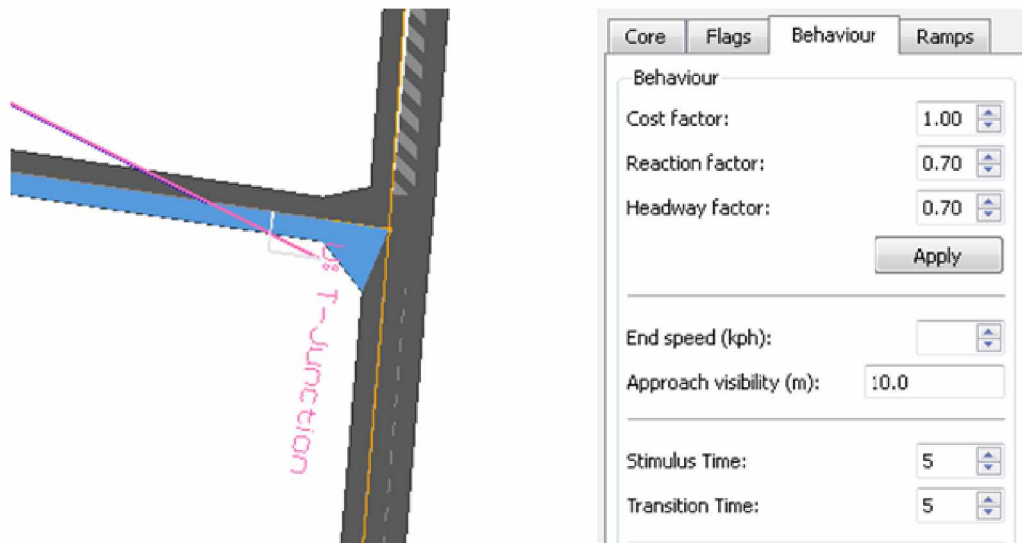
Simulointiasetuksissa voidaan määrittää myös mm. jonoasetukset (kuva 2.2). **Minimum Gap** tarkoittaa pysähtyneenä jonossa olevien ajoneuvojen välistä minimietäisyyttä. Suomalaisissa mittauksissa on havaittu tämän arvon olevan noin 1,9 metriä, joten oletusarvoa (2 m) voidaan käyttää tarkasteluissa. **Queue Gap Distance** (oletusarvo 10 metriä) ja **Queueing Speed** (oletusarvo 7,2 km/h) ovat liikennevirran jonoutumisen tulkintaan vaikuttavia parametreja. Jos jonoutumiskriteerit toteutuvat, ohjelma tulkitsee tilanteet jonoiksi ja laskee tilanteiden perusteella mm. maksimijonopi-tuudet.

Jonoparametriarvot riippuvat siitä, millaista jonoutumista halutaan tarkastella. Kun tutkitaan liittymien jonoutumista, oletusarvot soveltuvat hyvin tarkasteluihin. Etuajo-oikeutetuilla väylillä, joilla ei ole liikennevaloja, jonoutumisparametriarvot voivat olla myös suuremmat. Toisaalta, jos samassa kohdemallissa on esimerkiksi sekä moottoritie- että katuosuutta, voi koko katuverkko näyttää jonoutuneelta, jos jonoutumiskriteerinä on esimerkiksi 40 km/h. Tällaisessa tapauksessa liikenteen hidastumista voidaan osoittaa etuajo-oikeutetulla väylällä myös muilla tavoin, esimerkiksi keskimääräisen nopeuden avulla. Kun jonoparametrit määritellään pieniksi, nähdään paremmin ne kohdat, jossa liikenne on hyvin voimakkaasti ruuhkaantunut eli lähes pysähtynyt.

Toimivuustarkasteluraportissa tulee mainita, mitä jonoutumisarvoja on käytetty.

Kohdemallin osia koskevat parametrit

Kuvassa 2.3 on esitetty erilaisia parametreja, jotka vaikuttavat liittymän välityskykyyn. Parametriarvot ovat liittymäkohtaisia ja ne tulee määrittää jokaiselle kohdemallin liittymän linkille erikseen kohdemallin rakentamisen yhteydessä.



Kuva 2.3 Liittymäsimuloinneissa käytettäviä parametreja.

Parametrien **Reaction Factor** ja **Headway Factor** arvoilla vaikutetaan kohdemallin kuljettajien reaktionopeuteen ja seuranta-aikaväleihin ja täten purkautumisaikaväleihin liittymissä. Molempien arvoiksi suositellaan 0.7-0.8 (oletusarvot ovat 1.0). Arvojen tarkempi määrittäminen on mahdotonta, koska liikenneympäristöt ja ajokäyttäytyminen vaihtelevat suuresti. Esimerkiksi maaseutu- ja kaupunkiympäristössä ajokäyttäytyminen on erilaista ja myös erilaisissa kaupungeissa ajetaan eri tavoilla. Lisäksi esimerkiksi mäkisyys ja keliolosuhteet vaikuttavat ajoneuvojen liikkeellelähtoon liittymissä.

Liikennevalo-ohjatuissa liittymissä ja kiertoliittymissä parametrien arvo tulee määrittää kaikkien tulohaarojen linkeille, valo-ohjaamattomissa liittymissä vain sivuteille. Käytettävän arvon suuruus riippuu myös Time Steps -arvosta. Esimerkiksi tavallisissa valoliittymissä suositusarvo on noin 0.77 Time Steps -arvon ollessa 6 ja 0.72 Time Steps -arvon ollessa 10. Kiertoliittymissä suositellaan hieman pienempää arvoa 0.7. Tätä pienemmällä arvolla ei ole havaittu olevan merkittävästi vaikutuksia tuloksiin. Valo-ohjaamattomissa liittymissä suositellaan arvoa 0.8.

Approach Visibility -parametri vaikuttaa liittymän välityskykyyn. Oletusarvo on 0 metriä, jolloin kuljettajat hidastavat pysähdykseen saakka liittymään tullessa, vaikka pääsuunnalla ei olisi yhtään liikennettä. Suositeltava arvo on esim. 10 metriä sellaisissa liittymissä, joissa pysähtyminen ei ole välttämätöntä.

Muita ajoneuvokäyttäytymiseen vaikuttavia parametreja, jotka on syytä ottaa huomioon kohdemallia laadittaessa, mutta joiden osalta ei ole vielä tarkkaa tutkimustietoa ja jotka riippuvat paljon myös kohteesta, ovat:

- **Stimulus Time** eli aika, jonka ajan kuljettajan täytyy saada katkotta myönteistä informaatiota kaistanvaihdon mahdollisuudesta ennen sen suorittamista (oletusarvo on 5 sekuntia).
- **Transition Time** eli kaistanvaihdon kesto kokonaisuudessaan (oletusarvo on 5 sekuntia).
- **Minimum Ramp Time** eli pienin kiihdytyskaistalla ajettu aika ennen liittymistä päätien liikennevirtaan (oletusarvo on 2 sekuntia).

- **Headway Factor** (ramppilinkillä) eli seuranta-aikavälin kerroin rampilla (oletusarvo on 1). Tällä kertoimella kerrotaan Configuration-valikossa määritelty Mean Target Headway (oletusarvo on 1 sekunti).
- **Ramp Aware Distance** eli etäisyys, jolta päätietä ajavat havaitsevat liittyvällä rampilla ajavan ajoneuvon. Tämän etäisyyden jälkeen päätien liikenne voi esim. siirtyä ohituskaistalle (mikäli haluaa ja kykenee) helpottaakseen rampin ajoneuvojen liittymistä päävirtaan. Oletusarvo on 150 metriä.

Näiden arvojen säätämistä kannattaa harkita tapauskohtaisesti. Sopivien parametriarvojen määrittämistä helpottaa usein nykytilanteen kohdemallin laatiminen. Jos nykytilanteen kohdemalli saadaan vähintään silmämääräisen arvio perusteella vastaamaan todellista havaittua nykytilannetta, voidaan olettaa, että kohdemalliin määritetyt parametrit soveltuvat tutkittavaan tapaukseen.

Yhteenveto Paramicsin parametriarvoista

Suomalaisissa simulointitutkimuksissa on suositeltavaa käyttää seuraavia arvoja:

- Time Steps 6 ja Speed Memory 9.
 - o Speed Memory on aina $1,5 \cdot \text{Time Steps}$
- Approach Visibility suurempi kuin 0 metriä liittymissä, joissa ei ole pakollista pysähtymistä (suositeltava arvo 10 m)
- Reaction Factor ja Headway Factor (Time Steps -arvon ollessa 6)
 - kiertoliittymissä 0,7
 - valo-ohjaamattomien liittymien sivusuunnilla 0,8
 - valo-ohjatuissa liittymissä 0,77
- Parametrit, joiden säätämistä kannattaa harkita tapauskohtaisesti, ovat:
 - Stimulus Time (oletusarvo 5 sekuntia)
 - Transition Time (oletusarvo 5 sekuntia)
 - Minimum Ramp Time (oletusarvo 2 sekuntia)
 - Headway Factor rampilla (oletusarvo on 1)
 - Ramp Aware Distance.

Tulosten analysointi

Paramics -ohjelman simulointitulosten graafista analysointia varten on kehitetty Paramics Analyser -työkalu. Analyser -työkalun Display Controll -valikosta valitaan, mitä tulostustiedoston tuloksia halutaan tarkastella (*kuva 2.4*). Graafisten kuvien lisäksi tulokset saadaan myös numeerisessa muodossa erilaisina tekstitiedostoina.

Property	Value
▾ Links	
Statistic	None
Filter	None
Limits	None
▸ Density Options	Residuals
▾ Queues	
Statistic	None
Filter	None
Limits	None
▾ Turning Movements	
Statistic	None
Filter	None
▾ OD	
Statistic	None
Filter	None
▾ Trips	
Statistic	None
Filter	None
▾ Loop Detectors	
Statistic	None
Filter	None
▾ Intersection LOS	
Statistic	None
Filter	None
▾ Intersection Performance	
Statistic	None
Filter	None

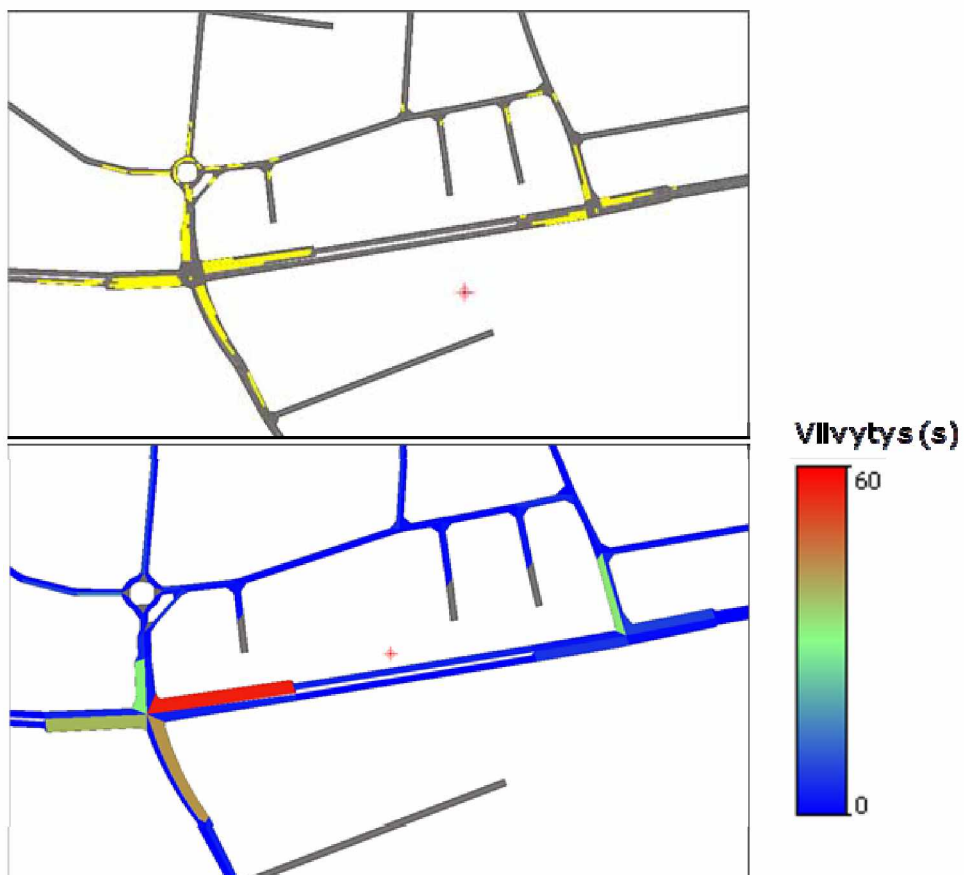
Kuva 2.4 Paramics Analyser -työkalun Display Control.

Display Control -valikosta saatavat tulosteet ovat:

- Vetoalike Links saadaan muun muassa ajoneuvojen lukumäärä, viivyttykset ja keskinopeudet.
- Vetoalike Queues sisältää monia jononpituuksia koskevia tietoja, mm. maksimijononpituudet.
- Vetoalike Turning Movements löytyy ajosuunnittaisia tietoja (monia samoja tietoja kuin Links -kohdassa).
- OD-valikosta saadaan reittikohtaisia liikennemääriä/virtoja.
- Vetoalike Trips sisältää matkamäärät ja matka-ajat.
- Loop Detectoreilla saadaan tietoa tietyistä kohtaa kohdemallia. Ohjelmasta on valittavissa mitä tietoja ilmaisimen (Detector) halutaan mittaavan (edellyttää ilmaisimien määrittämistä varsinaiseen kohdemalliin).
- Intersection LOS kertoo liittymän palvelutasotiedot.
- Vetoalike Intersection Performance löytyy liittymäkohtaista tietoa, kuten liikennevalojen vaiheiden pituuksia ja liittymän kuormitustietoja.

Käyttäjä voi tehdä Paramicsin Display Control -valikossa omia suodatuksia (Filter) tai rajoituksia (Limits), jotka vaikuttavat tulosten esittämistapaan. Limits -toimintoa käytetään esimerkiksi viivytystulosteiden väriskaalaa määrittäessä. Jos viivytys on suurempi kuin määritelty yläraja, tämä näkyy kuvassa oranssilla. Käyttäjä voi valita väriskaalan ylärajan haluamansa suuruiseksi, mutta suuri arvo hankaloittaa pienten viivytserojen havaittavuutta. Filter -toimintoa voidaan hyödyntää esimerkiksi, jos halutaan analysoida ainoastaan tietyn ajoneuvoryhmän tuloksia.

Kuvassa 2.5 on esitetty tasoliittymän eri liittymähaarojen maksimijononpituudet keltaisella kuvaajalla. Viivytyskuvaajan osalta väriskaalan ylärajaksi on valittu 60 sekuntia.



Kuva 2.5 Maksimijononpituuksien (yllä) ja keskimääräisten viivytysten (alla) esittäminen Paramics-ohjelmalla.

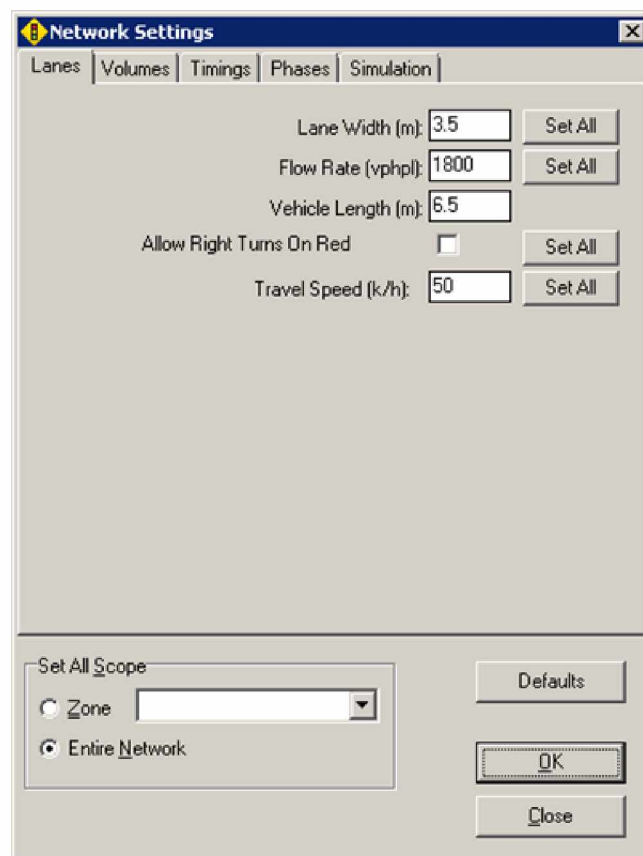
Synchro/SimTraffic

Tässä liitteessä on esitelty liikennevalo-ohjattujen liittymien tarkasteluissa käytettävän Synchro/SimTraffic -simulointiohjelman oleelliset parametri- ja muut asetukset. Suomen olosuhteisiin soveltuvat parametriarvot perustuvat Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston tekemiin tutkimuksiin. Lisäksi liitteessä on tarkasteltu liikennemäärien määrittämistä ja tulosten esittämistä.

Simulointiasetukset

Vehicle Length eli ajoneuvon keskimääräinen pituus tulee Suomessa määritellä 6,5 metriksi (oletusarvo on 8 metriä).

Allow Right Turns On Red eli oikealle kääntyminen punaisen valon palaessa ei ole Suomessa sallittu. Ennen simulointeja tulee varmistaa, että tämä valinta ei ole valittuna. Ohjelman oletuksena on, että kääntyminen on sallittu punaisen valon palaessa.

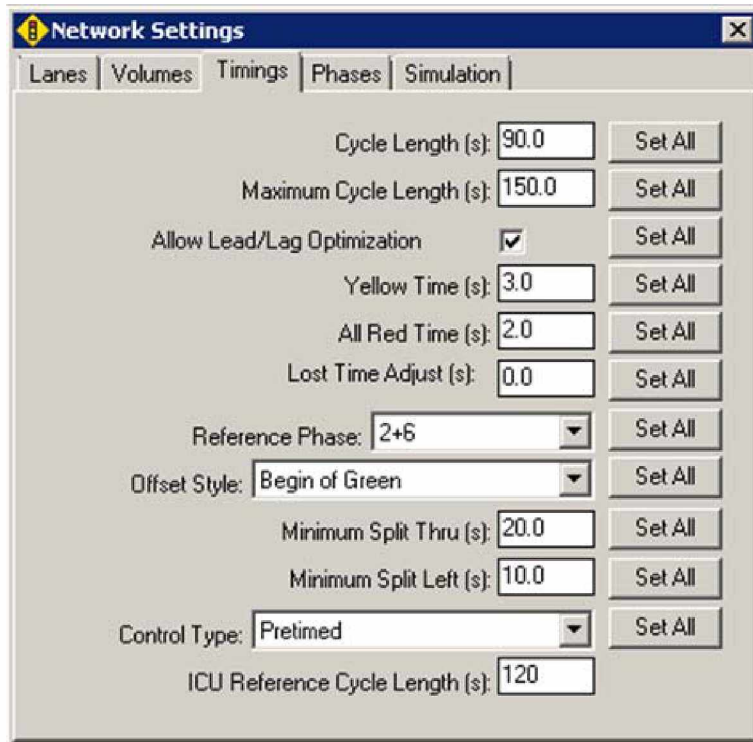


Kuva 3.1 Yleisasetuksia.

Ennen simulointeja tulee aina tarkistaa **Yellow Time** ja **All Red Time** -asetukset. Yellow Time tarkoittaa oletusarvoa keltaisen valo-opasteen kestoajan pituudelle. Suositusarvo on 3 sekuntia, kun ohjelman oletusarvo on 3,5 sekuntia. All Red Time tarkoittaa aikaa, jonka kaikki opastimet ovat punaisella konfliktissa olevien vaiheiden välillä. Suositusarvo on 2 sekuntia oletusarvon 0,5 sekuntia sijasta.

Lisäksi ajoitettaessa liikennevaloja suositellaan käytettäväksi seuraavia parametrisarvoja:

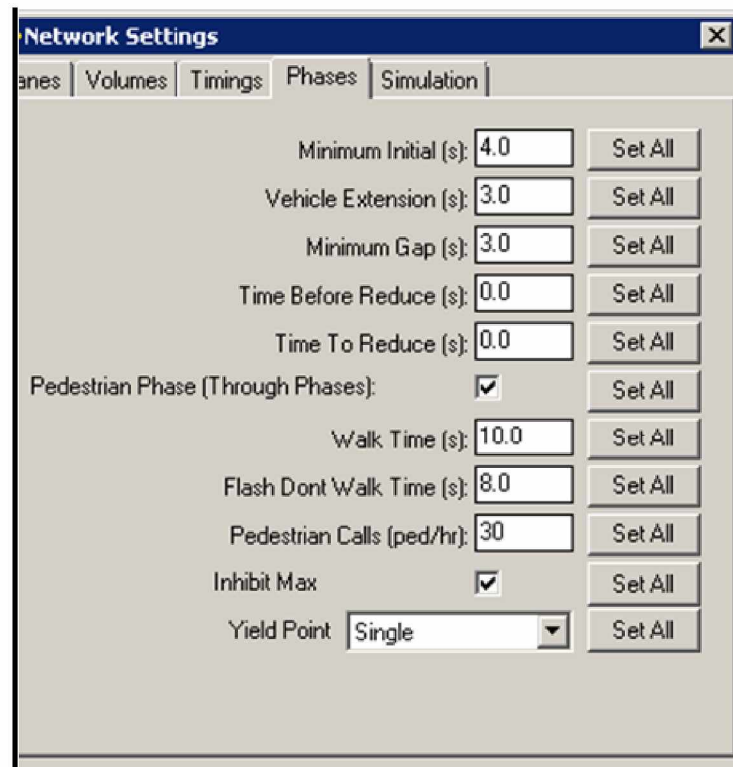
- Cycle Length eli liikennevalojen kiertoaajan suositusarvo on 90 sekuntia (oletusarvo on 80 sekuntia), mutta sopiva kiertoaika riippuu kohteesta.
- Minimum Split Thru on suoraan menevien minimivihreä. Oletusarvo on 20 sekuntia ja minimiarvo 10 sekuntia. Arvon pienentämistä kannattaa harkita liikennemäärien perusteella.
- Minimum Split Left on vasemmalle kääntyvien minimivihreä. Suositeltava pituus on 10 sekuntia (oletusarvo on 8 sekuntia).



Kuva 3.2 Liikennevaloasetuksia.

Jalankulkijavaiheisiin liittyy seuraavia säädettäviä parametrisarvoja:

- Walk Time tarkoittaa jalankulkijoiden minimivihreää. Jos suojatien pituus ei ole tiedossa, suositusarvo on Suomessa 10 sekuntia (oletusarvo on 5 sekuntia). Jalankulkijoiden minimivihreä voidaan laskea kävelynopeuden ja suojatien pituuden perusteella.
- Flash Dont Walk Time tarkoittaa jalankulkijoiden vilkkuvihreää. Suomessa suositusarvo on 8 sekuntia (oletusarvo on 11 sekuntia).



Kuva 3.3 Jalankulkuvaiheen asetuksia.

Liikennemäärien määrittäminen

Synchrossa vierekkäisten liittymien liikennemäärien tulee täsmätä keskenään. Jos vierekkäisten liittymien liikennemäärät eivät ole yhtä suuret, ohjelma hävittää ylimääräiset ajoneuvot tai synnyttää puuttuvat ajoneuvot liittymien välillä. Ajoneuvojen kaatoaminen tai ilmestyminen liittymien väliin voi vääristää tuloksia. Myös raskaan liikenteen määrän on täsmättävä. Raskaan liikenteen määrä määritellään kullekin liittymän liikennevirralle prosenttiosuuksien avulla.

Yhteenveto Synchro/SimTrafficin parametriarvoista

Suomalaisissa simulointitutkimuksissa tulee käyttää seuraavia arvoja:

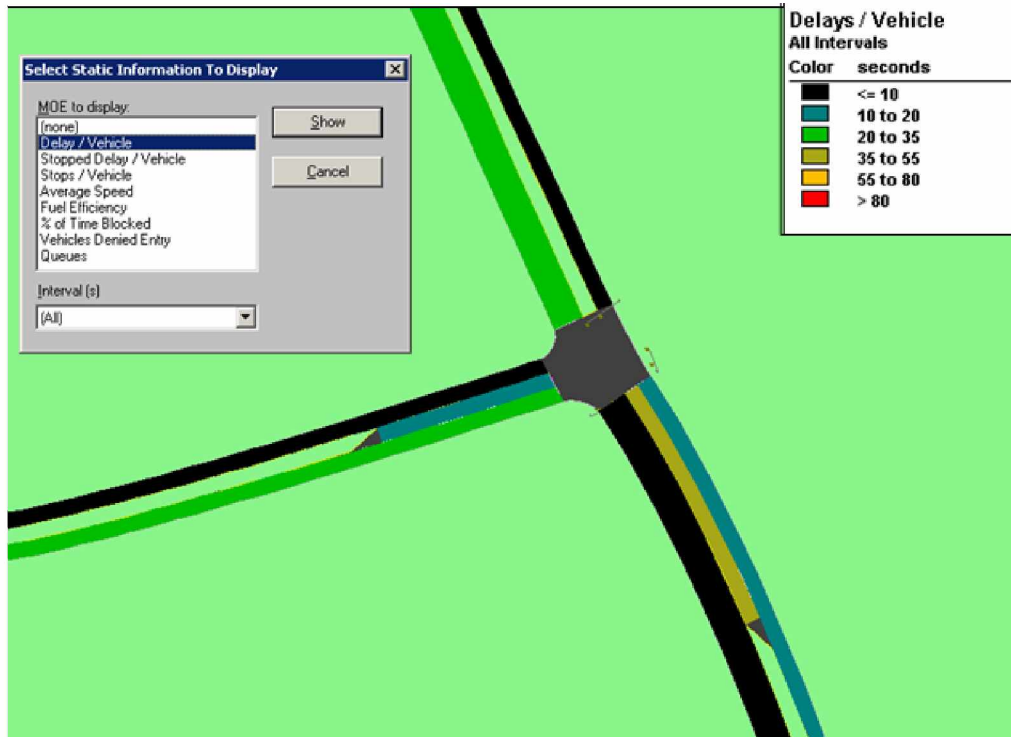
- Vehicle Length 6,5 metriä (oletusarvo 8 metriä).
- Allow Right Turns On Red ei ole käytössä (oletuksena käytössä).
- Yellow Time 3 sekuntia (oletusarvo 3,5 sekuntia).
- All Red Time 2 sekuntia (oletusarvo 0,5 sekuntia).

Liikennevaloihin liittyviä suositusarvoja, joiden käyttö riippuu myös kohteesta, ovat:

- Cycle Length 90 sekuntia (oletusarvo 80 sekuntia).
- Minimum Split Thru pienempi kuin 20 sekuntia (oletusarvo 20 sekuntia).
- Minimum Split Left 10 sekuntia (oletusarvo 8 sekuntia).
- Walk Time 10 sekuntia (oletusarvo 5 sekuntia).
- Flash Dont Walk Time 8 sekuntia (oletusarvo 11 sekuntia).

Tulosten esittäminen Synchrolla

Kuvassa 3.4 on esitetty esimerkkinä Synchro/Simtraffic-ohjelman graafisista tulosteista viivytyskuva. Synchro esittää graafiset tulokset valmiiksi määritellyillä väleillä (esim. keskimääräinen viivytys 20–35 sekuntia/ajoneuvo).

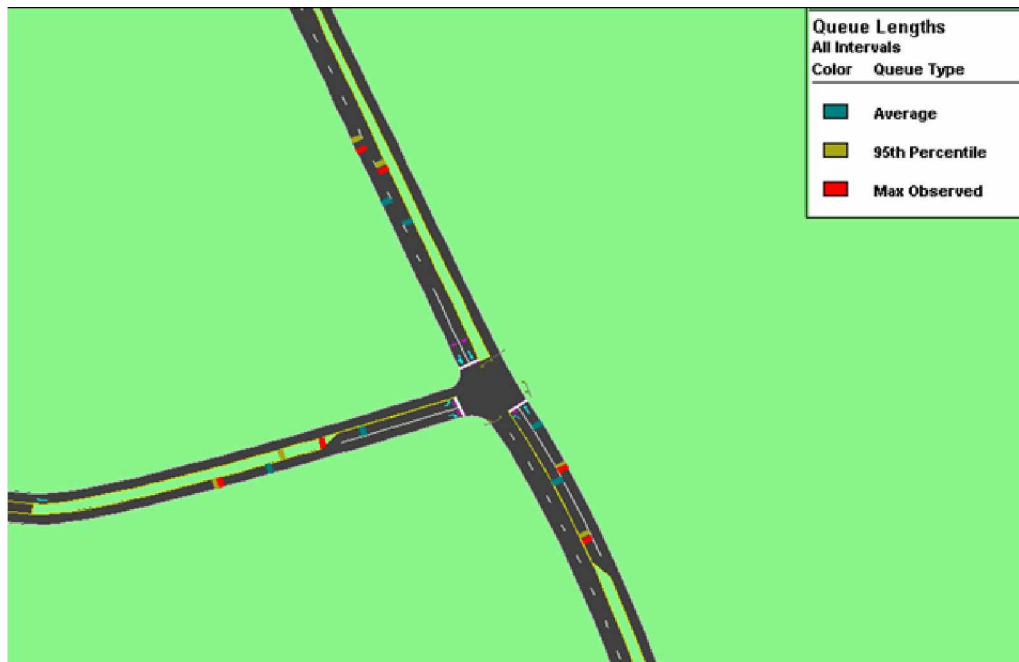


Kuva 3.4 Viivytysten esittäminen Synchro/Simtraffic –ohjelmalla sekä valikko, josta voidaan valita muut graafisesti esitettävät tulokset.

Kuvassa 3.4 olevasta "Select Static Information To Display" valikosta nähdään kaikki Synchrosta saatavat graafiset tulosteet:

- Delay / Vehicle tarkoittaa keskimääräistä ajoneuvojen viivytystä ajosuunnittain.
- Stopped Delay / Vehicle tarkoittaa ajoneuvojen pysähdyksissä olemiseen kulunutta keskimääräistä aikaa ajosuunnittain.
- Stops / Vehicle kertoo pysähtymään joutuneiden ajoneuvojen osuuden koko liikennemäärästä.
- Average Speed tarkoittaa keskinopeutta ajosuunnittain.
- Fuel Efficiency on polttoainetehokkuus ajosuunnittain.
- % of Time Blocked tarkoittaa estettyjen (kääntymiskaistalle pyrkivien) ajoneuvojen osuutta ajosuunnittain.
- Vehicles Denied Entry kertoo malliin pääsemättömien ajoneuvojen lukumäärän ajosuunnittain (jos malli on ylikuormittunut).
- Queues tarkoittaa jononpituuksia (kuva 3.5).

Kuvassa 3.5 on esitetty Synchro/Simtraffic -ohjelmasta saatu jononpituuskuva.



Kuva 3.5. Jononpituuksien esittäminen Synchro/Simtraffic -ohjelmalla.

Jonokuvasta nähdään seuraavat jonoutumista kuvaavat arvot:

- Average on keskimääräinen jononpituus. Keskimääräinen jononpituus saadaan simuloinnista jakamalla simulointiajo 2 minuutin jaksoihin ja laskemalla keskiarvo näiden jaksojen aikana esiintyneistä maksimijononpituuksista.
- 95th Percentile on jononpituus, joka ei ylity 95 % varmuudella. Se saadaan lisäämällä edellä mainittujen 2 minuutin simulointijaksojen maksimijononpituuksien keskiarvoon (keskimääräinen jononpituus) keskihajonta, joka on kerrottu vakiolla 1,65.
- Max Observed on absoluuttinen maksimijononpituus.

Käyttäjä ei voi vaikuttaa siihen, miten ohjelma määrittelee jononpituuden. Ajoneuvon katsotaan olevan jonossa, jos sen nopeus on alle 3 km/h.

Synchro/Simtrafficista saadaan numeerisina tekstitulosteina myös muita simulointitietoja.

Vissim

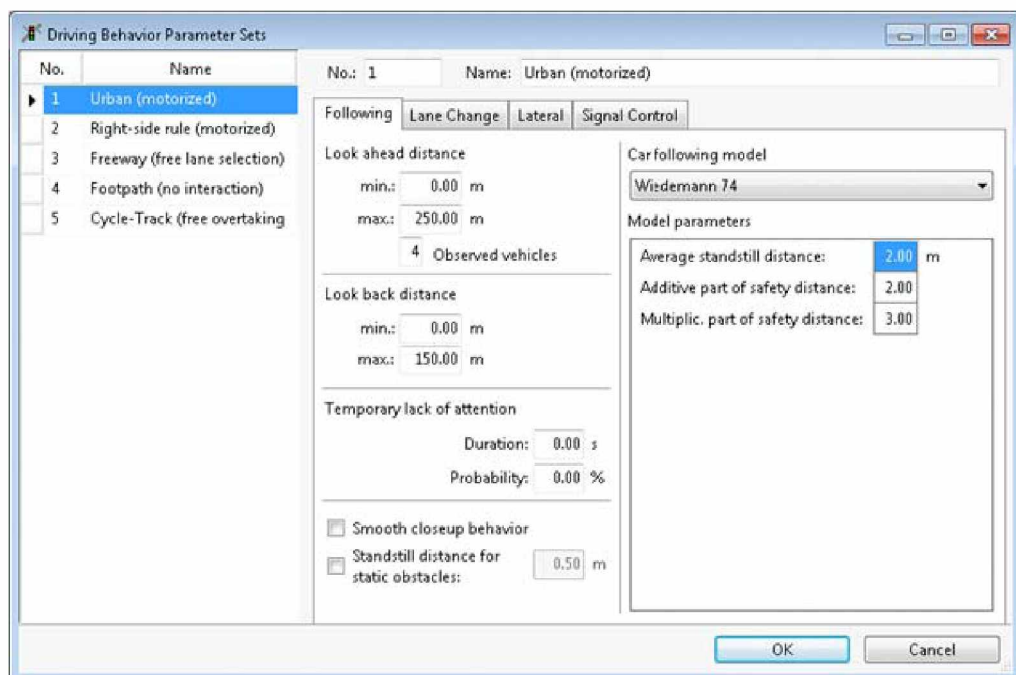
Tässä liitteessä on esitelty VISSIM-simulointeihin liittyviä parametreja, niiden arvoja sekä VISSIMistä saatavia tuloksia. Vissimin oletusparametrien arvojen soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin on arvioitu varsin vähän. Ramboll Finland Oy:n sisäisissä tutkimuksissa on tarkasteltu, miten eri parametrien säätäminen vaikuttaa ajokäyttäytymiseen. Yleisesti ottaen on havaittu, että VISSIM -simuloinneissa välityskyky on hieman suurempi kuin Suomessa on todettu välityskyvyn olevan vastaavissa käytännön tilanteissa.

Simulointiasetukset

Time Step -arvoksi suositellaan arvoa 6-10.

Ajoneuvoseurantamallit

VISSIMissä on kaksi ajoneuvoseurantaan vaikuttavaa mallia. Wiedemann 74 soveltuu kaupunkiolosuhteisiin ja Wiedemann 99 moottoriteille. Molemmat mallit sisältävät useita parametreja, joiden säätäminen vaikuttaa välityskykyyn. VISSIMin näkymä, jossa voidaan muuttaa ajoneuvoseurantaan vaikuttavia parametreja, on esitetty *kuvasssa 4.1*.



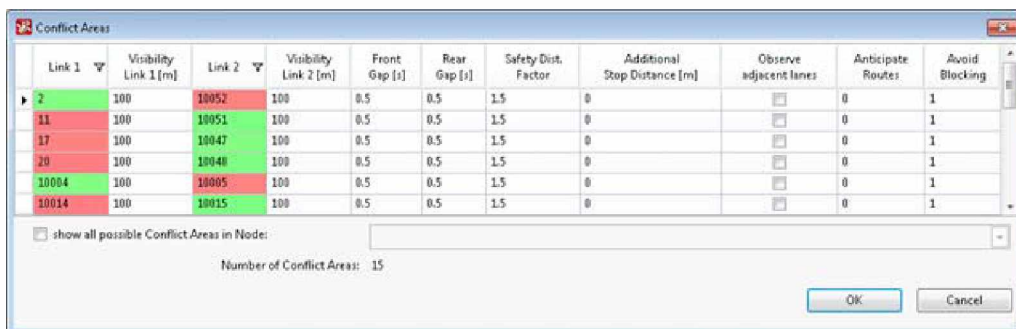
Kuva 4.1 Ajoneuvoseurantaan vaikuttavia parametreja.

Kaupunkiympäristössä liikkumista säätelevän Wiedemann 74 -mallin parametrit ovat **Average standstill distance** eli pysähtyneiden ajoneuvojen välinen keskimääräinen etäisyys, **Additive part of safety distance** eli tavoitteellisen turvavälin lisäosuus ja **Multiplic. part of safety distance** eli tavoitteellisen turvavälin kerroinosuus. Nämä tekijät otetaan huomioon kaavassa, jolla lasketaan kahden ajoneuvon välinen etäisyys ajoneuvoseurannassa. Average standstill distance -parametri vaikuttaa siihen, kuinka pitkän turvavälin pysähtyvä ajoneuvo jättää edessä olevaan ajoneuvoon. Kaksi muuta

parametria vaikuttavat siihen, miten ajoneuvot säätelevät etäisyyttä (turvaväliä) suhteessa edellä olevaan ajoneuvoon liikkeellä ollessaan. Mitä suurempia arvot ovat, sitä pienempi on välityskyky. Parametrien suositeltavat arvot riippuvat liittymätyypistä ja liikenneympäristöstä.

Etuajo-oikeussäännöt ja konfliktialueet

VISSIM mallintaa valo-ohjaamattomat liittymät etuajo-oikeussäännöin (Priority Rules) tai konfliktialuein (Conflict Areas). Kuvassa 4.2 on esitetty näkymä Conflict Areas -toiminnosta, jossa voidaan säätää sen parametrien arvoja.



Link 1	Visibility Link 1 [m]	Link 2	Visibility Link 2 [m]	Front Gap [s]	Rear Gap [s]	Safety Dist. Factor	Additional Stop Distance [m]	Observe adjacent lanes	Anticipate Routes	Avoid Blocking
2	100	10052	100	0.5	0.5	1.5	0	<input type="checkbox"/>	0	1
11	100	10051	100	0.5	0.5	1.5	0	<input type="checkbox"/>	0	1
17	100	10047	100	0.5	0.5	1.5	0	<input type="checkbox"/>	0	1
20	100	10040	100	0.5	0.5	1.5	0	<input type="checkbox"/>	0	1
10004	100	10005	100	0.5	0.5	1.5	0	<input type="checkbox"/>	0	1
10014	100	10015	100	0.5	0.5	1.5	0	<input type="checkbox"/>	0	1

☐ show all possible Conflict Areas in Node:

Number of Conflict Areas: 15

OK Cancel

Kuva 4.2 VISSIMin Conflict Areas -työkalu.

Konfliktialueisiin liittyviä parametreja ovat:

- **Front Gap** ja **Rear Gap** tarkoittavat aikavälejä eteen ja taakse. Liittyvä ajoneuvo jättää kyseiset aikavälit pääsuunnan ajoneuvoihin päävirtaan liittyessään. Front Gap tarkoittaa aikaa sekunteina, joka on täytynyt kulua, että pääsuunnan ajoneuvo on poistunut konfliktialueelta ennen kuin sivusuunnan ajoneuvo liittyy konfliktialueelle. Rear Gap tarkoittaa, paljonko täytyy kulua aikaa sekunneissa, ennen kuin risteävän pääsuunnan ajoneuvo tulee konfliktialueelle, jolta sivusuunnasta liittynyt ajoneuvo on juuri poistunut.
- **Visibility Link** eli linkin näkyvyys kertoo, kuinka kaukana konfliktialueesta kuljettavat voivat havaita kyseisen linkin ja sen tapahtumat. Oletusarvona on 100 metriä.
- **Safety Distance Factor** on turvavälin kerroin. Mitä pienempi kerroin on, sitä pienemmän turvavälin sivusuunnasta liittyvä ajoneuvo jättää pääsuunnan edellään ajavaan ja taakseen tulevaan ajoneuvoon liittyessään pääsuunnan liikennevirtaan.

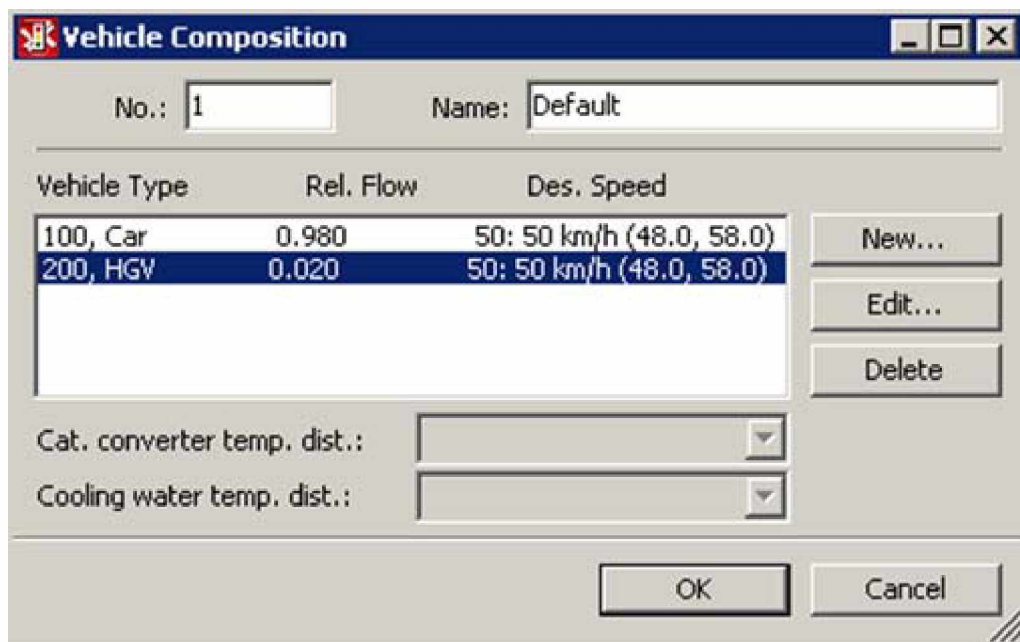
Conflict Areas -toimintoa suositellaan käytettäväksi suurimmassa osassa tilanteista. Priority Rules -ominaisuutta kannattaa käyttää lähinnä silloin, kun on tarkka tieto siitä, mitä aikavälejä kyseisessä liittymässä todellisessa liikenteessä hyväksytään. Conflict Areas -ominaisuutta käytettäessä ei määritetä kriittisiä aikavälejä, vaan ohjelma määrittää ne itse edellä mainittujen ajoneuvojen käyttäytymiseen liittyvien parametrien arvojen perusteella.

Nopeusjakaumat

Ajoneuvoille voidaan määrittää haluttu nopeustaso ja -jakauma esim. kaarteissa ja liittymäalueilla liikkumista varten (Reduced Speed Areas). Kiertoliittymille, joiden kiertosaarekkeen halkaisija on 8–26 m, suositellaan ajoneuvojen ajonopeudeksi (kaarrenopeudeksi) kiertoliittymän sisällä noin 28 km/h. Muille kun kiertoliittymille suositellaan seuraavia kaarrenopeuksia eri ajourien säteiden arvoilla:

- 5 m -> 15 km/h
- 10 m -> 20 km/h
- 15 m -> 25 km/h
- 20 m -> 30 km/h
- 25 m -> 33 km/h
- 30 m -> 37 km/h
- 35 m -> 39 km/h
- 40 m -> 40 km/h.

Näiden lisäksi voidaan säätää myös ajoneuvoparametriarvoja, esimerkiksi pituutta ja eri jakaumia, jotka vaikuttavat ajoneuvojen nopeuteen, kiihtyvyyteen ja hidastuvuuteen. Kuvassa 4.3 on esitetty tavoitenopeuden (Desired Speed) säätämisvalikko. Valikon avulla voidaan määrittää nopeusjakauma kullekin ajoneuvotyyppille eri nopeusrajoituksilla.



Kuva 4.3 Tavoitenopeuden säätäminen VISSIMissä.

Suositusarvot eri liittymätyypeille

Kierto- ja turbokiertoliittymissä suositellaan käytettäväksi seuraavia arvoja:

- Average standstill distance 1,9
- Additive part of safety distance 1,5
- Multiplic. part of safety distance 2,5
- Safety Distance Factor 1,3
- Front Gap ja Rear Gap 0,35.

Jos kiertävän liikenteen määrä tai yksittäisen tulosuunnan liikennemäärä on jossakin kohtaa kiertoliittymää alle 200 ajoneuvoa tunnissa, VISSIM saattaa yliarvioida kiertoliittymän kokonaiskapasiteettia. Tällaisissa tilanteissa on syytä muuttaa Additive part of safety distance ja Multiplic. part of safety distance edellä mainittuja arvoja suuremmiksi.

Valo-ohjaamattomissa kolmihaaraliittymissä ja valo-ohjatuissa liittymissä suositellaan käytettäväksi seuraavia arvoja:

- Average standstill distance 1,9 m
- Additive part of safety distance 2,25
- Multiplic. part of safety distance 3,25
- Safety Distance Factor 1,5
- Front ja Rear Gap 0,5.

Valo-ohjatuissa liittymissä määritetään Safety Distance Factor sekä Front ja Rear Gap vain, jos kyseessä ei ole suojattu vaihe ja kahden eri suunnan risteämiselle on määritetty konfliktialue.

Tulosten esittäminen VISSIMillä

VISSIMistä saatavat tulokset ovat pääasiassa tekstimuotoisia. Ohjelmasta on saatavilla laajasti erilaisia tuloksia sekä ajoneuvokohtaisesti että ryhmäkohtaisesti, esimerkiksi henkilöauto- ja bussiliikenne eroteltuna. Valmiiksi visuaalisessa muodossa on saatavilla vain harvoja tuloksia, mutta ohjelmasta on kehitteillä sovellus tulosten graafista esittämistä varten. Tulokset kerätään pääasiassa *kuvassa 4.4* esitetyillä työkaluilla.



Kuva 4.4 VISSIMin tulosten keräämiseen käytettävät työkalut.

Data Collection Points -työkalun avulla saadaan pistekohtaista tietoa, kuten pisteen ohittavien ajoneuvojen lukumäärä ja nopeus. **Travel Time Sections** -työkalun avulla voidaan määrittää liikenneverkkoon matka-aikamittausjaksoja, joiden läpi kulkevien ajoneuvojen matka-aika halutaan mitata. **Queue Counters** -työkalulla saadaan mitattua maksimijononpituus, keskimääräinen jononpituus sekä ajoneuvojen määrä jonossa. **Nodes** -työkalulla voidaan mitata tarkasteltavan alueen kuten liittymän toimivuuteen liittyviä tietoja, esimerkiksi liittymän kautta kulkevien ajoneuvojen määrä, ajoneuvojen viivytykset, jononpituudet ja pysähdysten lukumäärä.

Kuvassa 4.5 on havainnollistettu VISSIM-ohjelmasta saatua tulostiedostoa. Esimerkin tulostiedostosta nähdään yhteen Node-alueeseen eli tässä tapauksessa liittymäalueeseen liittyviä tietoja kääntymisvirroittain, kuten ajoneuvojen määrä (veh) ja viivytykset (Delay) ajoneuvotyypeittäin sekä maksimijononpituus (maxQueue).

Node 1										
Movement: Movement (Bearing from-to)										
FromLink: Number of the link entering node										
ToLink: Number of the link leaving node										
maxQueue: Maximum Queue Length [m]										
veh(All): Number of vehicles, All vehicle Types										
veh(33): Number of vehicles, vehicle class Joker1										
veh(30): Number of vehicles, vehicle Class Bus										
delay(All): Average delay per vehicle [s], All vehicle Types										
delay(10): Average delay per vehicle [s], vehicle Class Car										
delay(33): Average delay per vehicle [s], vehicle class Joker1										
delay(30): Average delay per vehicle [s], vehicle Class Bus										
Movement:	FromLink:	ToLink:	maxQueue:	veh(All):	veh(33):	veh(30):	delay(All):	delay(10):	delay(33):	delay(30):
E-W:	4:	7:	20.3:	84:	0:	4:	0.5:	0.5:	0.0:	0.0:
E-NW:	4:	10006:	20.3:	123:	0:	6:	0.6:	0.6:	0.0:	1.2:
W-N:	10:	10013:	13.1:	198:	0:	0:	2.0:	2.0:	0.0:	0.0:
W-E:	10:	10014:	22.0:	359:	0:	4:	0.4:	0.4:	0.0:	0.0:
N-W:	15:	7:	13.3:	110:	0:	0:	3.3:	3.3:	0.0:	0.0:
N-SW:	15:	10020:	0.0:	0:	0:	0:	0.0:	0.0:	0.0:	0.0:
N-E:	15:	10012:	74.7:	401:	8:	7:	13.8:	13.6:	9.0:	20.4:
W-NE:	10024:	10024:	0.0:	0:	0:	0:	0.0:	0.0:	0.0:	0.0:
E-W:	10017:	7:	20.3:	0:	0:	0:	0.0:	0.0:	0.0:	0.0:
SE-W:	10021:	10021:	0.0:	0:	0:	0:	0.0:	0.0:	0.0:	0.0:
E-NW:	10017:	10006:	20.3:	18:	12:	6:	2.1:	0.0:	2.0:	2.3:
All:	0:	0:	74.7:	1293:	20:	27:	5.1:	5.0:	4.8:	5.9:
All:	0:	0:	74.7:	1293:	20:	27:	5.1:	5.0:	4.8:	5.9:

Kuva 4.5 Ote Vissimistä saadusta ajoneuvoryhmäkohtaisesta tulostiedostosta.

